

Cálculo del VaR bajo retornos no convencionales. (Nov 2015)

Autores: Daniel Ricardo Torres Olaya¹, Juan Esteban Calderón Gómez² Tutor: Brayan Ricardo Rojas Ormaza

Resumen—El presente documento busca ajustar la metodología desarrollada por Yang y Zhang (2000) para realizar el cálculo de retornos en series financieras, estudiando las propiedades y características de esta nueva serie, además de la evaluación del impacto dentro del cálculo del Valor en Riesgo Delta Normal. Los resultados muestran que esos retornos presentan mejores propiedades que el estimador clásico y un mejor resultado dentro del VaR

Palabras clave— Basilea, backtesting, eficiencia, media, normalidad, riesgo, retorno, volatilidad, valor en riesgo.

Abstract—The next paper aims to an adjust to the methodology developed by Yang and Zhang (2000) for making the calculation of returns for financial series, also the evaluation of the impact in the Value at Risk delta normal calculation, the results show those rates have better properties than classic estimator and a better result in VaR.

Key Words—Basilea, backtesting, efficiency, average, normality, risk, return, volatility, value at risk.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la teoría clásica de las finanzas siempre se ha definido que el retorno de un activo financiero se puede calcular bien sea como una variación de precios o como uno Log-Normal, sin embargo estas metodologías usan únicamente el precio de cierre, desconociendo que en una jornada bursátil existen otros representativos que también generan por tanto un factor de incertidumbre, es allí donde los siguientes párrafos encuentran su origen.

En ese orden de ideas, el presente trabajo busca evaluar el impacto en el cálculo del VaR Delta - Normal a partir de los retornos diarios obtenidos de precios Open, High, Low y Close, frente a la metodología clásica Log-Normal para el mercado de renta variable colombiano. Para ello se propone un ajuste a la metodología de Yang y Zhang (2000) con la intención de convertir un estimador de la varianza en una herramienta para el cálculo de retornos.

Intentando verificar el comportamiento de la metodología mencionada anteriormente se crean dos momentos de análisis, por un lado se realizan pruebas de bondad de ajuste, evidenciando sus propiedades, características y el comportamiento que tiene esa metodología en distintos activos, por el otro se efectúa una comparación a través de las

pruebas de Kupiec, Basilea y Christoffersen, entre ésta y la metodología Log - Normal.

Todas las herramientas mencionadas anteriormente están enfocadas a responder la pregunta ¿Cómo a partir de la metodología desarrollada por Yang y Zhang se pueden calcular retornos de una serie de precios, determinando su impacto en el modelo Delta-Normal del VaR?

A lo largo de este documento el lector podrá encontrar la presente introducción, posteriormente se encuentra el fundamento teórico que sustenta el ajuste a la metodología mencionada, también el marco legal, a continuación se describe el procedimiento de elección de las series y la técnica para el cálculo del retorno, en seguida se encontrarán todas las pruebas realizadas a las series y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

Con el paso del tiempo se han desarrollado diversos modelos para el cálculo de un retorno, dentro de este se destaca como se calculan para activos con precios Open, High, Low y Close en comparación a la metodología clásica utilizando precios Close.

Por su parte en el año 2003, Shu y Zhang trabajaron en la relación que puede presentarse entre las volatilidades implícita y otras, calculadas en el precio de las opciones del índice S&P 500. El trabajo se centró en verificar a través de dos mediciones, cual presentaba menor error, si las volatilidades observadas (estimador clásico, Parkinson, Yang - Zhang y Andersen) o la volatilidad implícita.

Los datos del índice de opciones fueron trabajados desde el período comprendido entre el 01/01/1995 hasta 09/12/1999. Una vez calculadas las volatilidades a través de las distintas metodologías, emplearon una regresión lineal donde determinaron la relación entre la volatilidad calculada con la volatilidad implícita, concluyendo que esta última no contiene información explicativa de la volatilidad observada pero determinaron que a partir de retornos de 5 minutos, la volatilidad realizada puede ser explicativa.

Durante el año 2005, Brand y Kinlay, realizaron el modelamiento del precio correspondiente al índice S&P 500 a través de simulaciones de Monte Carlo siguiendo un movimiento geométrico browniano, donde utilizaron la volatilidad histórica seleccionada a través de los estimadores

¹ Estudiante en Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia

² Estudiante en Ingeniería Financiera de la Universidad Piloto de Colombia

desarrollados por Garman – Klass , Rogers – Satchell y Yang – Zhang.

Para ello trabajaron con una serie desde el 04/06/1988 hasta el 31/12/2003 (4037 días de trading) para diferentes periodos de tiempo. Como resultados comparativos de la simulación obtienen que los estimadores de volatilidad no tradicionales son más eficientes al estimador clásico de la volatilidad, siendo el estimador desarrollado por Yang – Zhang el que presenta una efectividad superior cuando se presentan los “*Opening jump*”, de manera similar concluyen que el rendimiento del estimador de la volatilidad depende de la hipótesis planteada sobre el tamaño de la muestra y el tiempo de intervalo de trading.

Bajo el modelamiento de la volatilidad en los retornos de un activo, Ślepaczuk y Zakrzewski (2009) desarrollaron una investigación en la cual su objetivo principal era encontrar el mejor estimador de volatilidad (Yang-Zhang incluido), trabajando series de alta frecuencia (intraday) del WIG20 index futures³, teniendo en cuenta las aplicaciones futuras que pueden llegar a realizar en la administración del riesgo financiero de la valoración de activos.

Los retornos calculados de la serie de datos fueron trabajados desde el 02/06/2003 hasta el 07/07/2007 para diferentes intervalos de tiempo (intraday), dentro de los resultados obtenidos se destaca la eficiencia del estimador de la volatilidad de los retornos calculados por Yang-Zhang, la cual se mantiene estable a partir de un intervalo de tiempo superior a 30 minutos, pero a su vez fue uno de los estimadores con más fluctuaciones para la desviación estándar calculada.

Por ultimo concluyen que la eficiencia de los estimadores no difiere en el cálculo pero si aconsejan tener en cuenta el número de datos y el intervalo de tiempo, dado que la volatilidad es la principal variable para el cálculo del Valor en Riesgo, lo que puede llegar a generar un impacto negativo en las inversiones reales. De la misma forma afirman que nuevas investigaciones sobre estimaciones de la volatilidad pueden llegar a construir un índice referencia de volatilidad para los mercados emergentes.

Durante el 2012, Modisett y Maboudou, buscaron comprobar que la volatilidad calculada a través de Yang – Zhang utilizando precios Open, High, Low y Close del S&P 500 teniendo en cuenta “*Opening jump*” y “*Drift*” presenta un menor resultado frente a la volatilidad clásica que trabaja con retornos Log-Normal en precios Close.

Entre los resultados obtenidos, destaca que el estimador de la volatilidad de Yang – Zhang es significativamente más conveniente para la toma de decisiones del activo, dado que presenta una menor volatilidad frente al estimador clásico, además concluyen que los resultados de la volatilidad de esa metodología son más efectivos dado que captura el verdadero movimiento que presenta durante una jornada, y que la diferencia con el estimador clásico se nota cuando se

presentan los “*Drifts*”, dado que en los modelos de valoración no tienen en cuenta esta incertidumbre.

2.2 Marco teórico y conceptual

Históricamente se ha asociado el riesgo a la incertidumbre de un evento futuro que pueda llegar a afectar el objeto de funcionamiento de una compañía, en la teoría moderna de las finanzas se ha dividido ese riesgo entre financiero y no financiero, y dentro del primero se encuentra el riesgo de mercado, en el cual se centra el objeto de estudio del presente documento.

De acuerdo a Venegas (2008), la gestión del riesgo de mercado no es una novedad sino que al contrario Macaulay en el año 1939 desarrolló los primeros modelos, sin embargo la formalización de este riesgo llegó hasta el año 1995 con la estandarización por parte de Riskmetrics para el cálculo del valor en riesgo. A partir de entonces se han desarrollado un sin número de modelos que buscan mitigar este tipo de riesgo.

La mayoría de modelos desarrollados están calculados sobre un retorno, bien sea de un activo financiero o de un portafolio, esperando que la distribución de esos retornos sea normal, en ese orden de ideas existen dos opciones formales para lograr obtener el retorno de una serie de datos, por un lado la ecuación (1) muestra la variación de precios y por el otro la ecuación (2) los retornos log – normales.

$$R_t = \frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}} \quad (1)$$

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (2)$$

Donde, R_t Retorno para el momento de tiempo t
 P_t Precio en el tiempo t
 P_{t-1} Precio en el momento $t-1$

Está claro que para desarrollar modelos financieros acertados se deben usar retornos, de acuerdo a esto:

La principal razón para trabajar con retornos antes que con precios, es que los retornos tienen propiedades estadísticas más atractivas... adicionalmente, los retornos son a menudo preferidos sobre los precios, porque estos últimos no miden el cambio en términos del nivel de precio dado. (Morgan & Reuters, 1996, p.46)

Es decir que el uso de retornos es ampliamente aceptado por toda la comunidad financiera, sin embargo cuando se analizan las ecuaciones (1) y (2) el cálculo del retorno por naturaleza está buscando capturar la volatilidad en el precio de un determinado activo financiero, pero esa búsqueda se centra en el precio de cierre de una jornada bursátil, pese a esto no siempre es cierto que un agente del mercado, asuma una posición en el precio de cierre de la jornada anterior y lo liquide en el precio de cierre de la actual.

³ Warsaw Stock Exchange

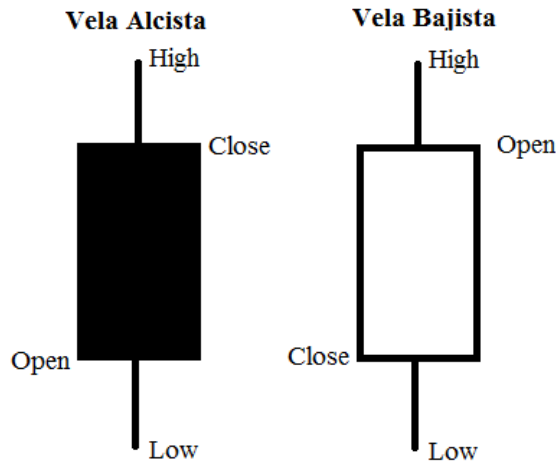


Imagen 1: tipos de velas en un mercado bursátil.

La imagen 1 permite confirmar lo mencionado anteriormente, dentro del análisis chartista en el mercado bursátil es muy común el uso de los gráficos en velas japonesas, estas permiten tener una visual completa de la tendencia del mercado y de la dirección que este tiene en una jornada de negociación; por tanto cuando se calcula un retorno por la metodología Log – Normal se está realizando un cálculo realmente sobre el cuerpo de la vela (es decir, el rectángulo de color negro o blanco que incluye los precios Open y Close), y las sombras (representan los extremos de cada vela) no se están teniendo en cuenta.

Con esto toma mucha más fuerza la idea de establecer un sistema que permita describir los retornos del precio de un activo financiero a través de sus precios Open, High, Low y Close, para ello este documento de trabajo se basa en la metodología presentada por Dennis Yang y Qiang Zhang (2000), con una variación presentada por los autores en párrafos posteriores.

El documento publicado por Yang y Zhang (2000) busca desarrollar un estimador para la varianza el cual incluya la información de precio disponible (Open, High, Low y Close), el cual se encuentra basado en cuatro características respecto al estimador clásico: (i) es imparcial en el límite continuo, (ii) es independiente de la deriva o “drift”, (iii) es consciente del efecto del salto de la apertura, (iv) presenta la varianza más pequeña entre los estimadores de características similares.

Luego de ello los autores hacen un recorrido por trabajos anteriores que han desarrollado estimadores con características similares, sin embargo estos no tienen en cuenta lo que se denomina como “Opening jump”, el cual muestra que el precio Close de un periodo anterior no es igual al precio Open del periodo actual a evaluar.

Por lo anterior la forma de medir la efectividad de un estimador es a través de la eficiencia la cual es una metodología que busca ajustar el valor calculado en la ecuación (8), en ese sentido y de acuerdo a Yang y Zhang (2000) la calidad en el comportamiento de un estimador se mide respecto a su varianza frente al estimador clásico, la

ecuación (3) ejemplifica cómo se logra calcular una referencia de la eficiencia en el estimador creado:

$$Ef = \frac{V(E)}{V(\sigma)} \quad (3)$$

Donde, Ef Representa la eficiencia del estimador
 $V(E)$ Varianza del nuevo estimador
 $V(\sigma)$ Varianza del estimador clásico

En consecuencia los autores afirman que un estimador de la varianza insesgado debe ser independiente del salto en la apertura (“Opening jump”) y de la deriva de la serie (“Drift”), es decir la incertidumbre.

$$o_i = \ln(O_1) - \ln(C_0) \quad (4)$$

$$u_i = \ln(H_1) - \ln(O_1) \quad (5)$$

$$d_i = \ln(L_1) - \ln(O_1) \quad (6)$$

$$c_i = \ln(C_1) - \ln(O_1) \quad (7)$$

Donde, o_i Precio Open normalizado
 u_i Precio High normalizado
 d_i Precio Low normalizado
 c_i Precio Close normalizado
 O_1 Precio Open del momento t
 H_1 Precio High del momento t
 L_1 Precio Low del momento t
 C_1 Precio Close del momento t
 C_0 Precio Close del momento $t-1$

Para lograr el desarrollo matemático los autores comienzan describiendo la ecuación (4), con la cual se mide salto de apertura mencionado anteriormente, mientras que las ecuaciones (5), (6) y (7) miden la distancia de los precios respecto al precio de apertura.

$$V = V_o + kV_c + (1 - k)V_{RS} \quad (8)$$

$$V_c = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2; \quad (9)$$

$$\bar{c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$$

$$V_o = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2; \quad (10)$$

$$\bar{o} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n o_i$$

$$V_{RS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [u_i(u_i - c_i) + d_i(d_i - c_i)] \quad (11)$$

Donde, V Varianza de una serie
 \bar{c} Promedio de los precios Close normalizados
 \bar{o} Promedio de los precios Open normalizados
 V_C, V_C y V_{RS} Correctores de la varianza
 k Constante que minimiza la varianza del estimador V

La ecuación (8) define los parámetros bajo los que se realiza el cálculo de la varianza, para esto se apoya en 3 ecuaciones, por un lado la (9) y (10) permiten determinar el comportamiento de los precios Close de la jornada anterior versus el precio Open y Close de la jornada actual, y por el otro se encuentra la ecuación (11) que se enfoca en las variaciones de precios entre una misma jornada siempre con respecto al precio Open.

El trabajo de Yang y Zhang (2000) termina demostrando que el estimador desarrollado en la ecuación (8) es el que presenta la menor varianza entre sus similares y es insesgado.

Calcular un retorno bajo un ajuste a la metodología presentada anteriormente genera una serie de tiempo, la cual puede ser analizada bajo los momentos de la distribución, sin embargo existe una herramienta adicional para comprobar el desempeño de las series y son los hechos estilizados que de acuerdo a trabajo realizado por Alonso y Arcos (2006) se caracterizan por ser una regularidad empírica que son inherentes a una serie sin importar de que mercado se trate.

De este modo los autores proponen cuatro hechos que se pueden aplicar a las series Colombianas, el primer hecho estilizado es el camino aleatorio de las series.

$$P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Donde, P_t Precio no conocido en el momento t
 P_{t-1} Precio conocido al momento $t-1$
 ε_t Factor aleatorio de movimiento en los precios

La ecuación (11) presenta la forma en que se representa un precio cuando se tiene la presencia de una caminata aleatoria, en ese sentido se esperan dos características del factor de ajuste, por un lado su valor esperado debe ser igual a cero, y por el otro debe provenir de una misma distribución, con esto se logran dos características importantes para una serie de retornos: (i) no hay una predictibilidad del precio en el momento t al existir una caminata aleatoria y por tanto (ii) hay una formación eficiente de precios en el mercado.

El segundo hecho estilizado que los autores mencionan es la presencia de colas pesadas en la distribución, resaltando que la presencia de curvas leptocurticas implica que hay una mayor probabilidad de que existan valores extremos y por tanto modelos financieros con una mayor relevancia.

En ese orden de ideas el hecho estilizado número tres es la normalidad agregada, con la cual a medida que se aumente la periodicidad de la serie de retornos (por ejemplo, pasar de retornos semanales a mensuales), tiende a parecerse más a una normal, con lo que se esperaría que la curtosis fuera menor para una gran escala de tiempo.

El último hecho estilizado es la presencia de volatilidad no constante y agrupada, en ese sentido cuando se cambia la ventana de tiempo de una serie y la varianza de esta es distinta para todas ellas se habla de que existe una volatilidad no constante. Por otro lado la volatilidad agrupada ocurre cuando la volatilidad de un periodo depende de periodos anteriores, este factor dicen los autores que se puede entender como la presencia de efecto GARCH sobre la serie.

Con una metodología guía para establecer una condición en el cálculo de un retorno y de cómo verificar sus propiedades, vale la pena entrar a revisar las características clásicas del riesgo, por ello plantean Crouhy, Galai y Mark (2006) que el riesgo no se caracteriza por ser un proceso en el que se controla una pérdida esperada, sino que por el contrario es el proceso de manejar los niveles de erogaciones en los negocios, en ese sentido se podría definir el riesgo financiero como una incertidumbre frente movimiento de capitales futuros que puedan llegar a afectar el normal funcionamiento de un negocio, su mitigación a lo largo de la historia ha estado enfocada a tres ramas: (i) Riesgo de Mercado, (ii) Riesgo de Liquidez, (iii) Riesgo de Crédito.

El riesgo se encuentra asociado a dos conceptos por un lado la volatilidad y por el otro la probabilidad, por ello en la práctica cuando se habla de la desviación estándar de una serie de retornos se está refiriendo a la volatilidad de esa serie, en su forma clásica la ecuación (12) la cual mide en unidades absolutas la distancia que existe entre las observaciones y su promedio.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}} \quad (12)$$

Donde, σ Desviación Estándar
 X_i Observaciones
 μ Promedio de las observaciones
 n Número de datos

De aquí se desprende que una probabilidad es “un grado de creencia que uno tiene de la ocurrencia de un suceso; nos referimos a algo que puede suceder con base en la experiencia que se tenga” (Bacardino, 2012, p. 178). La medición del riesgo se realiza en sí a través de una probabilidad de ocurrencia de ese evento que se está tratando de mitigar, este último es un concepto clave que engloba las estrategias y metodologías que se emplean para prevenir y disminuir los efectos de un determinado riesgo en el negocio, se dice por regla general que un riesgo no se puede eliminar pero sí se puede mitigar.

Dentro del mencionado riesgo de mercado existe lo que se conoce como Valor en Riesgo – VaR, el cual “es la máxima pérdida sobre un horizonte de tiempo de forma que hay una probabilidad de que la pérdida actual será mayor” (Jorion, 2003, p.246). En el fondo el VaR por naturaleza no deja de ser una medida de volatilidad estandarizada que permite tener conocimiento de una pérdida probable a un nivel de confianza dado.

Por ello Haro (2008) expresa que la volatilidad entendida como una desviación estándar es imprescindible a la hora de realizar una cuantificación del riesgo de mercado, adicional dice que el VaR como medida de gestión de ese riesgo se caracteriza por ser un estándar con el cual es posible comparar el nivel de exposición de diversas instituciones.

$$VaR = F * S * \sigma * \sqrt{t} \quad (13)$$

Donde, F Posición asumida en el activo o portafolio
 S Nivel de significancia
 σ Volatilidad del activo o portafolio
 t Horizonte de tiempo en el cálculo

La ecuación (13) representa la metodología clásica (y por ende la más conocida y usada) para el cálculo del VaR, su uso asume que los retornos se distribuyen normalmente con media estandarizada cero y varianza constante, lo cual usualmente no sucede, sin embargo no tendría sentido realizar el cálculo del Valor en Riesgo sin tener en cuenta el supuesto de normalidad, dado que se trata de una metodología paramétrica (es decir, que sigue una distribución pre establecida).

De acuerdo a Dowd (2002), el Valor en Riesgo se puede entender de acuerdo a su contexto de 4 formas: (i) se refiere a un monto de dinero que es probable llegar a perder, (ii) existe un procedimiento con el cual se llega a un número que representa el VaR, (iii) una metodología para su cálculo es un conjunto de procedimientos con los que se pueden determinar otros riesgos como el riesgo de crédito, (iv) por si es una aproximación a la administración del riesgo, de acuerdo a este se reorganiza la administración de una compañía.

Una de las principales críticas al Valor en Riesgo es que “no puede ser una medida respetable... debido a que no es subaditivo” (Dowd & Blake, 2006, p. 199), es decir que la suma de los VaR de los activos individuales no es igual a la misma medida de su portafolio en conjunto. Esto es confirmado por Sarykalin, Serraino y Uryasev (2008) al decir que este no mide escenarios más allá de su propia medición es decir que no toma en cuenta los escenarios extremos.

Sin embargo los modelos de Valor en Riesgo pueden ser determinados como efectivos o no a través de un proceso de Backtesting.

Antes que podamos usar modelos de riesgo con confianza, es necesario validarlo, y el proceso crítico en la validación del modelo es el Backtesting, la aplicación de métodos estadísticos típicos y cuantitativos que determinen si un modelo de estimación de riesgo es consistente con los

supuestos en los que se basa ese modelo. (Dowd, 2002, p.179)

En últimas un proceso de Backtesting, radica en probar en el pasado una determinada metodología, con el fin de establecer si su cálculo es acertado y cumple las expectativas propuestas en los supuestos. Esto lo ratifica el mismo acuerdo de Basilea III (2013) diciendo que un banco debe llevar procesos de Backtesting basados en datos históricos disponibles teniendo en cuenta como mínimo un año y bajo distintos periodos de tiempo.

Recapitulando el procedimiento de Backtesting operativamente

Consiste contar las veces que las pérdidas y/o ganancias exceden el VaR durante un periodo... la decisión práctica que se necesita tomar consiste en determinar si la relación de excesos de pérdidas y/o ganancias contras las observaciones totales... es estadísticamente diferente a la probabilidad que se utiliza para el cálculo del valor en riesgo. (Haro, 2008, p.156)

Bajo esta perspectiva el Backtesting comienza con una comparación entre el VaR que se puede hallar en la historia de la serie y los retornos reales que se encuentran a lo largo de la serie. De acuerdo a Dowd (2002) hoy en día es más ampliamente usado el test de Kupiec el cual compara la probabilidad de los excesos frente al nivel de confianza seleccionado para el cálculo del VaR

$$\begin{cases} H_0: VaR \sim (1 - p) \\ H_1: VaR \neq (1 - p) \end{cases}$$

En principio el objetivo del test de Kupiec está en comprobar la hipótesis nula en la que el VaR se ajusta al nivel de significancia seleccionado, en ese sentido la probabilidad que arroja el test se compara contra el nivel crítico que el gestor elige como apropiado.

$$K = -2 \ln \left[\frac{P^x * (1 - P)^{n-x}}{(1 - \hat{p})^{n-x} * \hat{p}^x} \right] \sim \chi^2(1); \quad (14)$$

$$\hat{p} = \frac{x}{n}$$

Donde, K Cálculo del valor del test de Kupiec
 P Nivel de significancia para realizar la prueba
 n Número de datos en el Backtesting
 x Número de excesos del VaR frente al retorno

La ecuación (14) describe las características con las cuales se calcula el valor del test de Kupiec, el cual relaciona el nivel de significancia con el número de excesos y la ventana de tiempo con la que se está trabajando el Backtesting. El test de Kupiec se distribuye Chi-Cuadrado con un grado de libertad.

Junto con el desarrollo realizado por Paul Kupiec, han aparecido una serie de test que buscan probar la efectividad de los intervalos de pronósticos, en ese sentido Peter

Christoffersen en 1998, desarrolló un test de probabilidad con el cual se prueba la eficiencia de lo que él denomina los intervalos de pronóstico, en ese sentido el autor inicia su trabajo resaltando la importancia de realizar pronósticos a través de intervalos y no como un valor único ya que esto puede llegar a sesgar las conclusiones obtenidas.

Sin embargo tener un intervalo no implica que se tenga certeza de la efectividad del modelo, es allí cuando nacen los test de cobertura condicional. Christoffersen (1998) menciona que su trabajo está enfocado en buscar una cobertura condicional correcta, para lo cual los intervalos (Superior e Inferior) de un pronóstico deben estar enfocados hacia la probabilidad verdadera de cobertura.

$$E(I_t | \psi_{t-1}) = p \quad (15)$$

Donde, I_t Variable dicotómica que se distribuye bernoulli y almacena los excesos del Backtesting.
 ψ_{t-1} Corresponde a todo el set de información pasada disponible
 p Probabilidad verdadera de cobertura.

$$I_t \begin{cases} 1, \text{ si } y_t \in [L_{t|t-1}(p); U_{t|t-1}(p)] \\ 0, \text{ si } y_t \notin [L_{t|t-1}(p); U_{t|t-1}(p)] \end{cases} \quad (16)$$

Donde, y_t Dato que se analiza en el momento t
 $L_{t|t-1}(p)$ Limite inferior del intervalo de pronóstico
 $U_{t|t-1}(p)$ Limite superior del intervalo del pronóstico

Las ecuaciones (15) y (16) exponen la metodología desarrollada por el autor para determinar si el número de veces que la información disponible se encuentra por fuera de los intervalos de pronóstico, satisface la probabilidad verdadera de cobertura, es decir, si el intervalo de pronóstico es eficiente.

Para lograr lo mencionado anteriormente el autor propone un test de independencia que permite identificar lo que denomina “Clustered Outliers” y que son momentos del tiempo seguidos en los que los valores de la serie se encuentran por fuera del intervalo de pronóstico.

$$LR = -2 \ln \left[\frac{(1 - \hat{\pi})^{n_{00} + n_{01}} * \hat{\pi}^{n_{01} + n_{11}}}{(1 - \pi_{01})^{n_{00}} * \pi_{01}^{n_{01}} * (1 - \pi_{11})^{n_{10}} * \pi_{11}^{n_{11}}} \right];$$

$$\hat{\pi} = \frac{n_{01} + n_{11}}{n_{00} + n_{10} + n_{01} + n_{11}}$$

$$\pi_{01} = \frac{n_{00}}{n_{00} + n_{01}} \quad (17)$$

$$\pi_{11} = \frac{n_{10}}{n_{10} + n_{11}}$$

Donde, LR “Likelihood ratio” Test de independencia, se

distribuye Chi-Cuadrado con un grado de libertad.

n_{ij} número de Parejas ordenadas de excesos en los datos donde i representa el momento $t-1$ y j el momento t .

La ecuación (17) indica el resultado del desarrollo realizado por el autor, evidenciando una característica especial, y es que se incluyen los momentos donde existen dos excesos seguidos de los datos respecto al intervalo de confianza, este último para el caso del Backtesting termina siendo el VaR.

3. MARCO LEGAL

Con la evolución y expansión de los mercados financieros, las entidades regulatorias globales han establecido medidas, controles y requerimientos correspondientes para las entidades del sistema financiero ante las posibles crisis financieras globales. De esta manera el comité de Basilea argumenta que un sistema financiero fuerte y resistente es la base de un crecimiento económico sostenible.

Con la crisis financiera global presentada entre el 2008 y 2009, más los efectos resultantes del contagio hacia el sistema financiero, el Comité de Basilea decide reunirse en Junio de 2010 para revisar, modificar e implementar el Marco Regulatorio para reforzar los bancos y sistemas bancarios (Basilea III). Se realizaron cambios importantes respecto a Basilea II, donde se resalta el aumento sobre el primer pilar del comité de Basilea: los requerimientos de capital obligatorio que deben implementar los bancos, complementado por el examen del ente supervisor de cada país y la disciplina del mercado (Pilares II y III respectivamente).

De esta manera se especifica en el comité, que las exigencias de capital por riesgo de mercado deben ser primero por riesgo general de mercado que equivale a la posición neta de un mercado bursátil, y segundo por riesgo específico que corresponde a la posición bruta que posee la entidad en acciones. Teniendo en cuenta estos lineamientos se establece que el requerimiento de capital para el riesgo específico de mercado es de 8%, o de 4% mientras tanto el portafolio o cartera sea líquido y se encuentre bien diversificado, en cambio que para el riesgo general de mercado es del 8%. Igualmente, el Comité establece que las entidades pueden realizar la medición del riesgo de mercado a través de modelos internos, los cuales deben tener estándares mínimos como ser calculado a diario, utilizar un nivel de confianza del percentil 99, un horizonte de tiempo de 10 días y una observación histórica de un año mínimo.

El Comité ha desarrollado pruebas sobre los resultados obtenidos por riesgo de mercado para comprobar la calidad y precisión de la cuantificación del Valor en Riesgo de los modelos internos ejecutados por las entidades, es decir, se debe realizar una prueba de Backtesting, la cual consiste en comparar el VaR calculado por la entidad con las pérdidas subsiguientes, con esto la compañía puede calcular que

proporción de las pérdidas son superiores al VaR, se establece que la realización de las pruebas de Backtesting debe ser a un nivel de confianza del 99%, utilizando datos del último año o 250 observaciones diarias. De esta manera el Comité de Basilea III establece el desarrollo y ejecución en el cumplimiento de los requerimientos de capital por riesgo de mercado.

En Colombia, la implementación de los acuerdos establecidos en Basilea III es realizada por la Superintendencia Financiera como ente regulador del sistema financiero colombiano. Este proceso empezó a ser ejecutado en Agosto de 2013 a través del decreto 1771 de 2012, con el cual las entidades bancarias y financieras cumplen los requerimientos mínimos de capital y con un nivel de solvencia del 9% estipulado por la misma Superintendencia financiera, en comparación al 8% del Comité de Basilea III.

De acuerdo con ANIF (2014), la implementación más significativa de Basilea III se ven en el fortalecimiento de las exigencias de capital en el corto plazo mientras que se encuentran rezagos en el monitoreo de liquidez en el largo plazo y la supervisión consolidada de las entidades y conglomerados financieros del país. Consecuente a esto Colombia va por un buen camino en la implementación de los acuerdos dado que presenta un avance significativo superior al 70 %, teniendo en cuenta que el plazo fijado para la implementación de Basilea III se encuentra entre el periodo 2015-2019.

En ese orden de ideas, respecto al riesgo de mercado, la Superintendencia Financiera de Colombia lo define como *“la posibilidad de que las entidades incurran en pérdidas asociadas a la disminución del valor de sus portafolios, las caídas del valor de las carteras colectivas o fondos que administran, por efecto de cambios en el precio de los instrumentos financieros en los cuales se mantienen posiciones dentro o fuera del balance.”* (Colombia, 2012),

Así mismo la medición de valor en riesgo la superintendencia financiera de Colombia, sigue las medidas establecidas por el Comité de Basilea III, y establece el modelo estándar que consiste en el producto de la posición neta de cada acción con el factor de sensibilidad al riesgo general de acciones, y la implementación de modelos internos (paramétricos y no paramétricos), que realice cada entidad financiera.

Para la implementación de modelos internos para el cálculo del valor de riesgo, la Superintendencia Financiera establece que debe ser calculado diariamente⁴ a un nivel de confianza del 99% y un horizonte de tiempo de 10 días, en el cual se debe utilizar como mínimo un año o 252 observaciones. Una vez calculado el VaR, se deberá realizar las respectivas pruebas de desempeño al modelo (Backtesting), las cuales tienen como finalidad determinar la precisión y confiabilidad de los valores en riesgo obtenidos.

4. DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los párrafos posteriores el lector podrá encontrar la descripción de la información, el desarrollo metodológico y finalmente el análisis del comportamiento de la nueva serie encontrada para los retornos (Yang – Zhang ajustada).

4.1 Descripción de la información

Con el fin de desarrollar el modelo descrito en párrafos posteriores, se usaron activos de renta variable del mercado bursátil colombiano, tomando como base la composición del índice Colcap con corte al 14 de septiembre de 2015, todos los datos tienen como fuente la plataforma Bloomberg. La ventana de tiempo elegida corresponde a datos diarios con jornadas de lunes a viernes desde el 14 de septiembre de 2013 al 14 de septiembre de 2015⁵.

Con el fin de elegir títulos sobre los cuales se realizarían las pruebas al modelo, se optó por desarrollar una metodología de elección basada en la volatilidad anualizada, la participación en el índice Colcap y la capitalización bursátil. Para darle un peso a cada una de las 3 variables de estudio, se establecieron porcentajes de 20%, 50%, y 30% como herramientas de ponderación.

$$P_i = w_i * 0.5 + \sigma_i * 0.2 + b_i * 0.3 \quad (18)$$

Donde, P_i Valor relativo que representa un activo del Colcap
 w_i Participación del activo dentro del Colcap
 σ_i Volatilidad anualizada
 b_i Participación de la capitalización bursátil del activo dentro de la sumatoria de toda la canasta Colcap

⁴ No para todas las entidades financieras, para Fiduciarias y Fondos de Pensiones se realiza el cálculo mensualmente.

⁵ En caso de no haber disponibilidad de un precio se usa el de la jornada anterior.

Nemotécnico	Participación en Colcap	Volatilidad	% Capitalización Bursátil	Ponderado
PREC	0,337%	83,95578%	5,11%	✓ 18,49305%
PFBOLCOM	14,017%	21,15812%	7,20%	✓ 13,40101%
CNEC	0,262%	62,65982%	25,22%	✓ 20,23007%
ECOPETROL	8,872%	31,44494%	5,11%	✓ 12,25800%
GRUPOSURA	9,405%	22,27960%	4,10%	✓ 10,38959%
GRUPOARGOS	6,736%	26,85004%	5,42%	! 10,36546%
PFGUPOARG	3,211%	28,18085%	3,64%	! 8,33221%
BOLOMBIA	5,812%	23,09536%	4,96%	! 9,01331%
CEMARGOS	4,801%	27,25751%	1,62%	! 8,33787%
CLH	2,343%	30,20986%	3,38%	! 8,22635%
ISAGEN	3,116%	28,08168%	3,14%	! 8,11491%
ISA	3,329%	27,87724%	3,39%	! 8,25771%
EXITO	3,583%	28,19600%	1,10%	! 7,76139%
EEB	2,833%	20,59760%	3,72%	! 6,65329%
PFGUPOSURA	4,345%	21,46675%	1,11%	! 6,79840%
PFDVVNDA	2,845%	26,23560%	6,81%	! 8,71297%
NUTRESA	6,014%	17,87429%	8,43%	! 9,11135%
PFAVAL	5,622%	18,72321%	0,85%	! 6,81056%
BOGOTA	2,785%	19,32520%	2,81%	! 6,09928%
PFCEMARGOS	2,448%	23,22954%	1,22%	! 6,23513%
PFAVH	0,902%	27,96108%	0,31%	! 6,13781%
CORFICOLCF	3,850%	17,79301%	1,08%	! 5,80690%
CELSIA	1,773%	22,94980%	0,26%	! 5,55404%

Cuadro 1: metodología de elección de series.

El cuadro 1 muestra marcadas las series que bajo el modelo anterior fueron seleccionadas para la realización del presente estudio, es decir las especies de Pacific Rubiales, Preferencial de Bancolombia, Canacol Energy, Ecopetrol y Grupo de Inversiones Suramericana.

4.2 Descripción metodológica

El presente apartado se divide en etapas, comenzando con el ajuste a la metodología desarrollada por Yang y Zhang, la cual fue estudiada en la ecuación (8), posteriormente se describirá el procedimiento para el cálculo del Valor en Riesgo, para finalmente describir el uso del test de Kupiec y Christoffersen como metodología de Backtesting.

Cálculo del Retorno

Como se mencionó en párrafos anteriores uno de los primeros insumos a desarrollar es el ajuste al estimador de la varianza desarrollado por Yang y Zhang, para convertirse en una metodología que permita calcular un retorno diario.

$$V_C = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2$$

$$V_C = \frac{1}{2-1} \sum_{i=1}^1 (c_i - \bar{c})^2 \quad (19)$$

$$V_C = \left(c_1 - \frac{c_0 + c_1}{2} \right)^2$$

Donde, c_1 Close Normalizado del momento t a evaluar
 c_0 Close Normalizado del momento t-1

La ecuación (19) describe la primera transformación, donde al tratarse de un retorno, n es igual a 2 por tanto la formula se reduce a restar el Close normalizado (ver ecuación (7)) del periodo actual, al promedio del Close normalizado del periodo anterior y el actual. En el caso en que se trabajen retornos con una periodicidad distinta se aplica el mismo procedimiento teniendo en cuenta que los valores de los precios no son datos continuos.

$$V_O = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2;$$

$$V_O = \frac{1}{2-1} \sum_{i=1}^1 (o_i - \bar{o})^2; \quad (20)$$

$$V_O = \left(o_1 - \frac{o_0 + o_1}{2} \right)^2$$

Donde, o_1 Open Normalizado del momento t a evaluar
 o_0 Open Normalizado del momento t-1

La ecuación (20) ajusta el Open normalizado para dos momentos, con los cuales se debe restar el Open normalizado del momento t, al promedio del Open normalizado de t y del periodo anterior t-1. Al igual que la ecuación (4), en el caso que se calcule el retorno para una periodicidad distinta a la diaria se deben usar los respectivos precios de los periodos a estudiar.

$$V_{RS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [u_i(u_i - c_i) + d_i(d_i - c_i)];$$

$$V_{RS} = \frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 [u_i(u_i - c_i) + d_i(d_i - c_i)]; \quad (21)$$

$$V_{RS} = u_1(u_1 - c_1) + d_1(d_1 - c_1)$$

En el caso de la ecuación (21), se ajusta para aplicarse únicamente a los datos conocidos en el momento t es decir donde se está calculando el valor del retorno.

$$V = V_O + kV_C + (1-k)V_{RS};$$

$$k = \frac{\alpha - 1}{\alpha + \frac{n+1}{n-1}} \quad (22)$$

Donde, k Es una constante que minimiza la varianza

α^6 Los autores sugieren usar un valor de 1.34

$$R_t = \sqrt{V} * D; \quad (23)$$

⁶ $\alpha = E[(u(u-c) + d(d-c))^2] / \sigma^4(1-f)^2$; con $(1-f)$ referente del tiempo de trading (creación de precios)

$$D = \begin{cases} -1, & c_i < 0 \\ 1, & c_i \geq 0 \end{cases}$$

Donde, V Ecuación (8)
 R_t Retorno en el momento t
 D Dirección del mercado

La ecuación (23) relaciona la métrica final bajo la cual se calcula el valor de un retorno habiendo realizado un ajuste a la metodología de Yang y Zhang, la dirección del mercado es la que determina el signo con el que el retorno indica si fue un periodo de alza en el precio o si por el contrario se trata de un momento bajista.

Valor en Riesgo – VaR

Dentro del desarrollo del presente modelo se usa el cálculo del VaR paramétrico Delta Normal, el cual como se explicó en párrafos anteriores asume una distribución normal, por ello la ecuación (13) define las variables necesarias para su estimación, teniendo en cuenta que la desviación se calcula tanto sobre la metodología ajustada, como sobre los retornos log-normales; el horizonte de tiempo se efectúa a un día y el nivel de confianza se usa al 99%.

Proceso de Backtesting

Test Kupiec

De acuerdo al comité de Basilea (2006) (Basilea II), un correcto Backtesting se debe realizar bajo un mínimo de 250 datos, buscando establecer el número de excepciones, es decir el número de veces que el retorno excede el VaR. Para ello se debe calcular un VaR para cada uno de esos 250 escenarios con un horizonte de tiempo de un día.



Diagrama 1: proceso de Backtesting.

El diagrama 1 describe el procedimiento de análisis que se debe efectuar para cada uno de los 250 escenarios mencionados anteriormente, siendo x la variable que acumula el número de excesos, con la cual se puede calcular el valor del test de Kupiec mencionado en la ecuación (14) que se distribuye Chi-cuadrado con un grado de libertad y con el cual se verifica la efectividad del cálculo del VaR

Test Christoffersen

Este procedimiento parte de los resultados obtenidos en el test de Kupiec, sin embargo entra a verificar el número de excesos desde 4 momentos diferentes:

- *No hay presencia de excesos en $t-1$ ni en t* : la suma de estas situaciones origina la variable n_{00} .
- *Hay presencia de exceso en $t-1$ pero no la hay en t* : la suma de estas situaciones origina la variable n_{10} .
- *No hay presencia de excesos en $t-1$ pero si lo hay en t* : la suma de estas situaciones origina la variable n_{01} .
- *Hay presencia de excesos tanto en $t-1$ como en t* : la suma de estas situaciones origina la variable n_{11} .

Teniendo estas variables disponibles se puede realizar el cálculo del test de independencia mostrado en la ecuación (17).

4.3 Análisis de resultados⁷

En este apartado el lector encontrará los resultados distribuidos por fases, inicialmente una descripción de como las series elegidas presentan diferencias importantes en el denominado “Opening jump”, luego se compara gráficamente el comportamiento de los retornos, en seguida se muestra el impacto los precios Open, High, Low y Close, en el cálculo de un retorno, posteriormente se adentra en la comparación estadística de las distribuciones de ambas metodologías (Yang – Zhang y Log-Normal), finalmente se encuentra el impacto que tiene sobre el Valor en Riesgo las ya descritas metodologías.

FASE I: Opening Jump (Salto en el Open)

Una de las principales ventajas que Yang y Zhang (2000) mostraban sobre su estimador es que tenía en cuenta en lo que denominaban el “Opening jump”, el cual radica en que el precio de apertura de una jornada no es igual al precio Close de la jornada anterior.

Especie	Proporción	Diferencia Absoluta	
		Promedio	Máxima
ECOPETROL	77%	13	165
PREC	88%	225	4.040
PFBANCOLOMBIA	80%	171	1.200
CNEC	90%	108	905
GRUPOSURA	74%	176	2.000
PORTAFOLIO	100%	40.783	6.814.975

Tabla 1: Test Opening Jump

La tabla 1 muestra los efectos del *Opening Jump*, donde en todas las series analizadas hay una diferencia entre el precio de cierre de la jornada anterior respecto al de la jornada actual, en ese sentido y realizando un análisis en términos absolutos de esa diferencia, se encuentra que su valor no es representativo para los activos individuales, sin embargo al verificar el comportamiento del portafolio, en promedio su valor se mueve

⁷ Las salidas completas de las características de las distribuciones se podrán encontrar en el anexo 1.

\$COP 618.235 diarios, mostrando una variación máxima de \$COP 6.814.975 (esto para un portafolio al cierre del 14 de Septiembre de 2015 de \$COP 100.020.670).

Pensando exclusivamente en las pérdidas o ganancias del Close de una jornada respecto al Open de la anterior, la mayor pérdida se ubica en \$COP 5.523.605 en el portafolio, teniendo una variación total si se liquidara diariamente de \$COP 21.247.740, esto sin tener siquiera que comprar o vender más activos de los que ya se tiene, es decir que para el portafolio de estudio el *Opening Jump* impacta al 21% de la exposición en una ventana de tiempo de 521 días, por lo que diariamente se encuentra expuesto en promedio a \$COP 40.782.

FASE II: Comparación de los retornos.

Por naturaleza las dos metodologías presentadas hasta ahora (Yang – Zhang y Log – Normal) buscan calcular el valor de un retorno para una serie de tiempo, en ese sentido vale la pena entrar a mirar cómo se comportan las series en periodos cortos de tiempo.

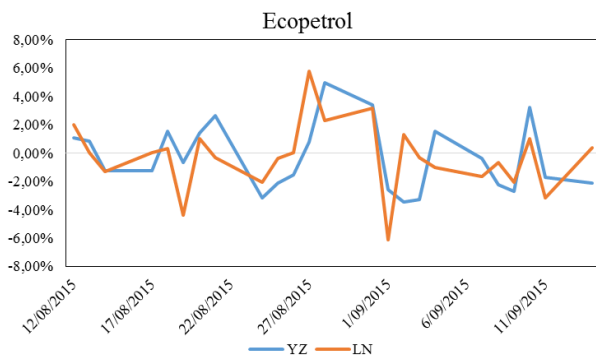


Gráfico 1: Retornos Ecopetrol (12/08/2015 – 14/09/2015)

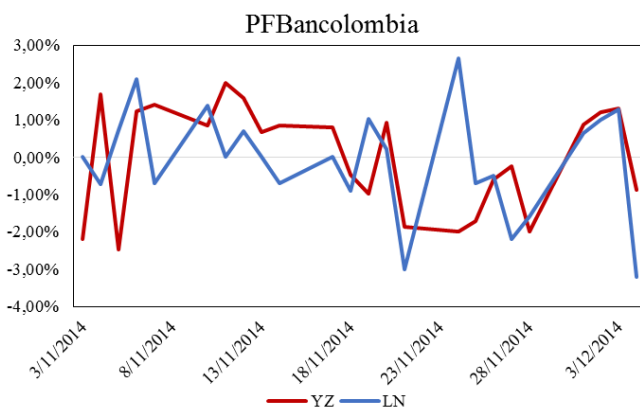


Gráfico 2: Retornos PFBancolombia (03/11/2014 – 04/12/2014)

Las gráficas 1 y 2 permiten inferir una primera característica del comportamiento de las dos metodologías, y es que los retornos Yang – Zhang tienden a ser más lentos en la captura de los movimientos del mercado, es decir que cuando en la metodología Log – Normal se ha logrado un pico, Yang – Zhang está terminando el recorrido para llegar a esa misma

zona, esto se debe a que esta última toma en cuenta los precios Open, High y Low antes de llegar a analizar el precio Close.

Lo anterior permite identificar una segunda característica, ambas metodologías se comportan con patrones similares, es decir, que se encuentran “*de acuerdo*” en la dirección que se encuentra el mercado replicando un comportamiento similar.

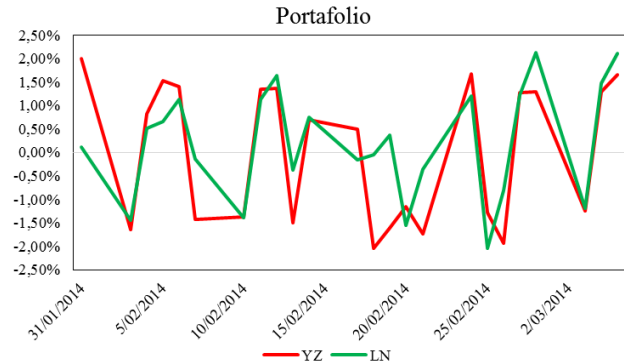


Gráfico 3: Retornos Ecopetrol (31/01/2014 – 05/03/2014)

Para el caso de los retornos del portafolio el gráfico 3 muestra un comportamiento diferente, ya que ambas metodologías recogen en la misma proporción las variaciones del mercado, sin embargo la metodología Yang – Zhang tiende a acentuar en mayor medida los picos o valles que se presentan en el movimiento de la exposición del portafolio.

FASE III: Volatilidad muerta en retornos Log-Normal

En este apartado se muestra el comportamiento de los momentos de volatilidad muerta, es decir, que bajo los retornos Log-Normales no se tiene en cuenta los precios generados dentro de las sesiones de negociación, por ejemplo si el precio Close del tiempo $t-1$ es el mismo en el periodo t el valor del retorno será 0%, a pesar de que en t exista un valor distinto para el High y el Low.

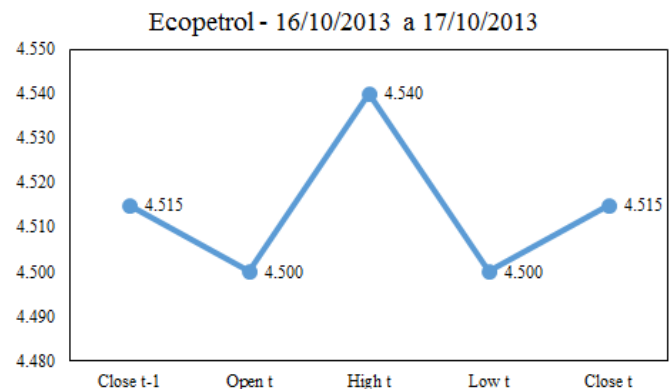


Gráfico 4: Volatilidad Muerta Ecopetrol (17/10/2013)

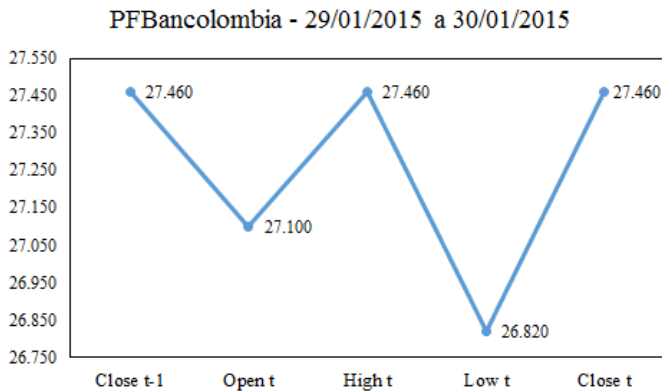


Gráfico 5: Volatilidad Muerta PFBancolombia (30/01/2015)

Los gráficos 4 y 5 demuestran lo mencionado anteriormente, donde el precio de una serie trae un close de la jornada anterior y cierra la jornada actual con el mismo valor, por ejemplo en el caso del gráfico 4 el precio el día 16 de Octubre de 2013 cerró a 4.515, mismo precio con el que cerró la jornada del día 17 de octubre, por lo que usando la metodología Log-Normal el valor del retorno para esos dos momentos del tiempo sería 0%.

Es preciso mostrar que el cálculo del retorno Log-Normal, está despreciando la volatilidad generada por los precios intermedios es decir el High t y Low t, ya que asume que una exposición pierde realmente es en el Close t, eso es cierto si esta se mantiene durante esa jornada, pero si se liquida antes de ese cierre la volatilidad real no sería de cero, para el caso de los dos ejemplos presentados anteriormente la metodología Yang-Zhang ajustada propone retornos de 0.70% y 1.60%.

FASE IV: Aproximación a la comparación entre retornos

Un primer vistazo comparativo entre las metodologías ya descritas, antes de entrar a revisar las propiedades estadísticas de sus distribuciones, es una aproximación histórica a su comportamiento, por ello tomando como referencia las series que como se menciona en párrafos posteriores fueron normales para todas las ventanas de tiempo (Ecopetrol y Gruposura) se extendió la muestra de datos hasta el 26 de Noviembre de 2007, obteniendo así 2.036 momentos del tiempo.

Especie	Propiedad	Yang - Zhang	Log - Normal
ECOPETROL	Máximo	17,34%	37,89%
	Mínimo	-12,96%	-10,11%
	Percentil (5%)	-2,24%	-2,63%
	Percentil (50%)	0,48%	0,00%
GRUPOSURA	Máximo	11,95%	9,49%
	Mínimo	-6,97%	-10,16%
	Percentil (5%)	-2,01%	-2,53%
	Percentil (50%)	0,41%	0,00%

Tabla 2: Test Opening Jump

La tabla 2 presenta un resultado inicial de valores extremos para las metodologías, mostrando que la metodología Log - Normal presenta una mayor agresividad en el valor de los

retornos, sin embargo ambas coinciden en el día (o periodos cercanos de días) donde se presentan retornos altamente positivos o por el contrario tendientes a ser negativos.

FASE V: comparación estadística.

A través de los momentos de la distribución, a continuación se presenta el comportamiento para distintos marcos de tiempo, realizando énfasis en la comparación entre las dos metodologías, Para ello se seleccionaron las series que fueron normales en todas las ventanas de tiempo, es decir las especies de Ecopetrol y Gruposura⁸ (las demás no se presentan para una mayor claridad en los gráficos).

Momento 1: Media.

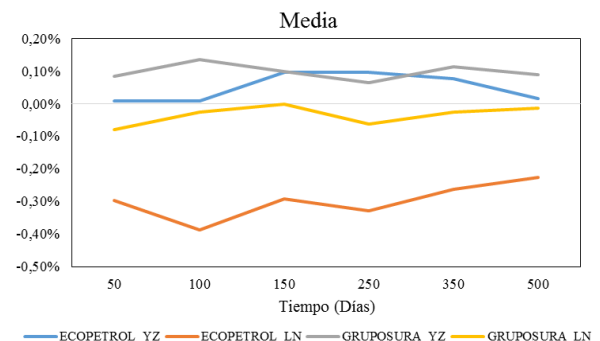
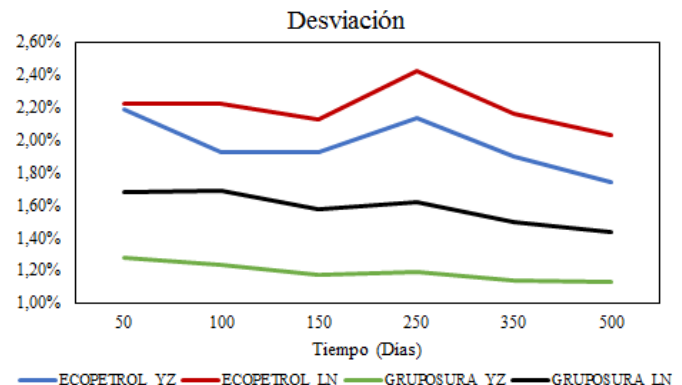


Gráfico 6: Primer momento de las distribuciones

El gráfico 6 muestra el comportamiento de la media para los distintos momentos de prueba elegidos, mostrando que el cálculo de un retorno por la metodología Yang - Zhang es típicamente más estable que aquellos Log - Normal, en cuanto a que de las 6 series escogidas y bajo la primera metodología mencionada, en 4 series su media se mantuvo para todos los momentos entre -0.20% y 0.20%.

En lo que respecta específicamente a las series que fueron normales en todos los momentos estudiados, su media bajo la metodología Yang - Zhang es claramente estable alrededor de cero, con lo cual uno de las principales características de las distribuciones normales se estaría cumpliendo.

Momento 2: Desviación



⁸ Estas series se trabajarán en el resto del documento.

Gráfico 7: Segundo momento de las distribuciones

El gráfico 7 permite evidenciar que las dos metodologías usadas presentan un patrón de comportamiento similar, exhibiendo una mayor volatilidad en los retornos Log-Normal, con lo cual las tendencias del mercado se recogen igualmente bien en ambas metodologías.

Momento 3: Coeficiente de Asimetría

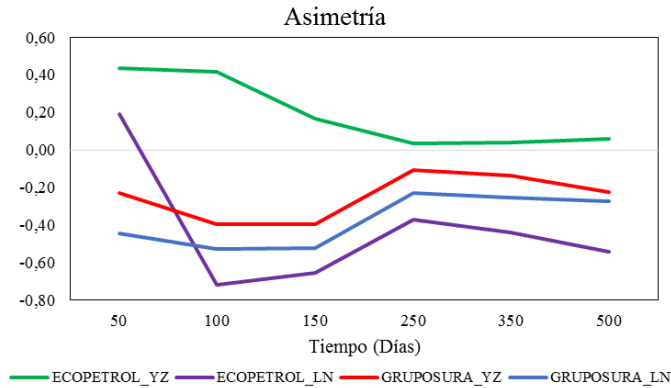


Gráfico 8: Tercer momento de las distribuciones

El comportamiento del coeficiente de asimetría es el opuesto al de la desviación, el gráfico 8 permite notar que en los retornos Yang – Zhang presentan mayores valores en la dirección de la distribución, sin embargo también presenta características estables, es decir que mantiene a lo largo del tiempo una misma tendencia.

Por ejemplo en el caso de los retornos Yang – Zhang de Ecopetrol, en todo el marco de tiempo, la distribución se extiende hacia valores positivos, sin embargo para el caso de la misma serie pero con retornos Log – Normales, existe una mayor inestabilidad por cuanto desde los 100 días la serie comienza a extenderse hacia valores negativos.

Momento 4: Curtosis

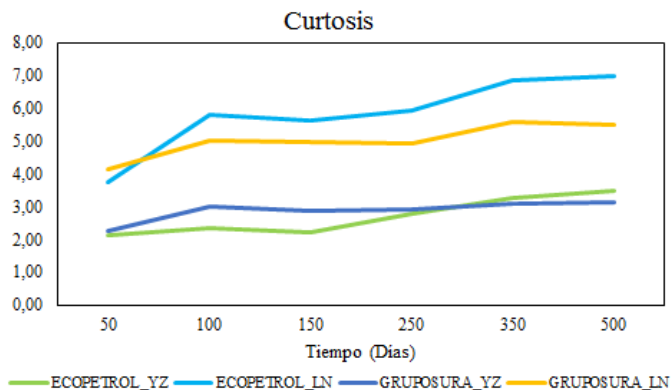


Gráfico 9: Cuarto momento de las distribuciones

En el caso del apuntamiento de las distribuciones, los retornos Yang – Zhang, son notablemente más estables que aquellos

bajo Log – Normal, en ese sentido no solamente en las series que son normales, la primera metodología presenta valores alrededor de 3, es decir el valor de una distribución normal. Prueba de ello es que en 34 de los 36 casos analizados, el valor de la asimetría de los retornos Yang – Zhang se mantuvo por debajo de los retornos Log – Normales.

En lo que respecta específicamente a los retornos Yang – Zhang el valor de la curtosis se mantuvo en promedio en 3.78, para las pruebas realizadas, en los 6 marcos de tiempo, esto frente a un promedio de 9.74 presentado en retornos Log – Normales.

FASE VI: hechos estilizados para las series normales.

Con el fin de obtener datos adicionales del comportamiento de las series de retornos bajo los dos procedimientos, a continuación se describe el comportamiento de las especies Ecopetrol y Gruposura con una ventana de tiempo de 500 datos para 3 hechos estilizados⁹

Hecho 1: Caminata aleatoria

Con el fin de determinar si las dos series seleccionadas se comportan como una caminata aleatoria se realizó la prueba de Dickey y Fuller aumentada (En el anexo 3 se encuentran las pruebas por cada serie).

PRUEBA ADF				
Especie	En niveles para Yang - Zhang			
	Estadístico	Parámetros		
		Diferenciación	Intercepto	Tendencia
ECOPETROL	-22,594	0	N/A	N/A
GRUPOSURA	-20,277	0	N/A	N/A

Tabla 3: Prueba ADF para Yang – Zhang a nivel, estadísticos significativos al 5%

PRUEBA ADF				
Especie	En niveles para Log - Normal			
	Estadístico	Parámetros		
		Diferenciación	Intercepto	Tendencia
ECOPETROL	-20,969	0	N/A	N/A
GRUPOSURA	-19,851	0	N/A	N/A

Tabla 4: Prueba ADF para Log – Normal a nivel, estadísticos significativos al 5%

Las tablas 3 y 4 muestran el resultado de las pruebas realizadas a las dos metodologías, encontrando que para las dos series y los dos tipos de retornos se comportan como I(0) por lo que no presentan una caminata aleatoria.

Hecho 2: Normalidad Agregada

A través de la construcción de nuevas periodicidades en la serie de retornos es posible comprobar la evolución de la normalidad, en ese sentido su análisis está enfocado al comportamiento de la forma de la distribución.

⁹ No se trata el hecho estilizado que implica el estudio de las colas pesadas en la distribución, este tema que se trató en la Fase V del presente apartado.

Especie	Propiedad	Diarios		Semanales	
		Yang - Zhang	Log - Normal	Yang - Zhang	Log - Normal
ECOPETROL	Media	0,02%	-0,23%	0,07%	-1,17%
	Curtosis	3,481	7,036	3,764	4,742
	Desviación	1,74%	2,03%	2,96%	4,70%
GRUPOSURA	Media	0,09%	-0,01%	0,18%	-0,09%
	Curtosis	3,151	5,532	3,381	4,794
	Desviación	1,13%	1,43%	1,89%	3,45%

Tabla 5: comparación de la distribución para diferentes periodicidades

Especie	Propiedad	Mensuales		Anuales	
		Yang - Zhang	Log - Normal	Yang - Zhang	Log - Normal
ECOPETROL	Media	0,30%	-4,67%	0,37%	-59,98%
	Curtosis	3,623	4,343	1,140	2,247
	Desviación	5,43%	8,91%	30,76%	12,48%
GRUPOSURA	Media	0,42%	-0,22%	0,37%	-1,25%
	Curtosis	2,280	2,482	1,851	1,833
	Desviación	3,35%	6,49%	6,63%	13,37%

Tabla 5: (Continuación) comparación de la distribución para diferentes periodicidades

La tabla 5 evidencia que tanto en retornos Log – Normales como Yang –Zhang, a medida que se aumenta el espacio de la periodicidad (Diaria a Anual) el valor de la curtosis tiende a disminuir con lo cual se podría hablar de que existe una tendencia a reducir las colas pesadas en la distribución, sin embargo para las dos especies estudiadas (que ya son normales) son propensas a convertirse en distribuciones platicurticas, lo cual reduce la aparición de valores extremos y por tanto podría caerse en el error construir modelo que no identifique posibles pérdidas en el portafolio.

Hecho 3: Volatilidad no constante.

Para determinar si existe una varianza condicional en las series seleccionadas, se efectuaron pruebas de efecto ARCH tanto para retornos Log – Normales como para Yang – Zhang, encontrando que hay un efecto de varianza no constante en el tiempo para todas las series. En el anexo 4 se encontrarán los resultados de este proceso

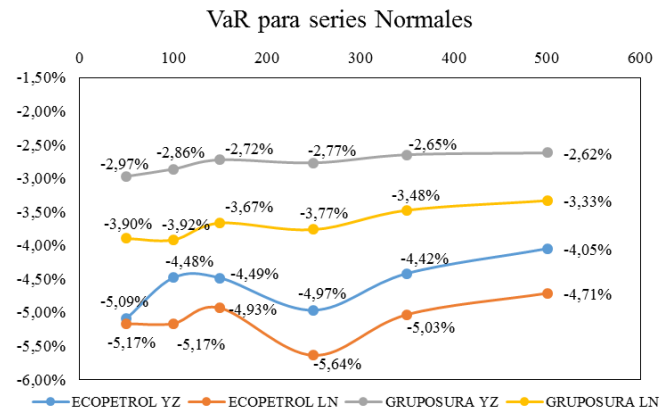
FASE VII: impacto en el VaR

Inicialmente antes de entrar a mirar el efecto de los retornos Yang – Zhang en el VaR, es importante primero verificar el principio de normalidad, para ello a través del estadístico Jarque – Bera se estableció para 6 ventanas de tiempo distintas si las series eran normales.

Tiempo (Días)	50		100		150		250		350		500	
Especie	YZ	LN	YZ	LN	YZ	LN	YZ	LN	YZ	LN	YZ	LN
CNEC												
PFBANCOLOMBIA												
ECOPETROL												
GRUPOSURA												
PREC												
PORTAFOLIO												

Tabla 6: pruebas de Normalidad; ■ Significativo al 5%, ■ Significativo al 10%; □ No hay Normalidad

La tabla 6 muestra una característica importante en los retornos Yang-Zhang y es que cuando una serie en el mediano plazo se comporta de forma normal, también lo hará en el corto plazo, manteniendo para cualquier ventana de tiempo su propiedad de normalidad.



A pesar de que hubiese series que no cumplen el supuesto de normalidad, se optó por aplicarles de igual manera el cálculo del VaR Delta – Normal a un nivel de confianza del 99% y un horizonte de tiempo de un día, esto con el fin de determinar el comportamiento bajo una prueba de Backtesting¹⁰.

El hecho de que una serie sea normal permite que se pueda aplicar con toda seguridad la ecuación 13, ya que no se está simplemente asumiendo que la serie se distribuye normalmente. El gráfico 10 permite observar el comportamiento del VaR en distintas ventanas de tiempo y para las series normales, donde se ve una misma tendencia para las dos metodologías, sin embargo Log – Normal propone Valores en Riesgo mucho más acentuados, con lo cual se requiere un mayor nivel de provisión en las entidades.

Datos	250
Significancia	1%
Valor Crítico	6,635

Especie	Excesos		Valor Test	
	YZ	LN	YZ	LN
ECOPETROL	5	18	1,957	41,059
PREC	15	20	29,395	49,445
BANCOLOMBIA	5	7	1,957	5,497
CNEC	17	14	37,042	25,780
GRUPOSURA	5	14	1,957	25,780
PORTAFOLIO	3	15	0,095	29,395

Tabla 7: prueba de Backtesting para el test de Kupiec

Especie	Excesos	
	YZ	LN
ECOPETROL	5	18
PREC	15	20
PFBANCOLOMBIA	5	7
CNEC	17	14
GRUPOSURA	5	14
PORTAFOLIO	3	15

¹⁰ Para la prueba de Backtesting se comparó el PyG al cierre del día contra al VaR.

Tabla 8: prueba de Backtesting para recomendación de Basilea

Activo	Test Yang – Zhang	Test Log – Normal
ECOPETROL	N/A	1,985769
PREC	3,683917	5,958731
BANCOLOMBIA	N/A	1,845179
CNEC	13,45717	4,895145
GRUPOSURA	N/A	8,332888
PORTAFOLIO	N/A	3,683917

Tabla 9: prueba de Backtesting para el test christoffersen¹¹

La tabla 7 muestra el resultado de Backtesting bajo el test de Kupiec, mientras que la tabla 8 permite ver el mismo resultado bajo los lineamientos de Basilea II de acuerdo a los tipos de zonas determinados por Basel Comitee (2006) y que se encuentran en el anexo 2; el resultado de estos es muy similar, en cuanto a que el VaR bajo los retornos Yang – Zhang es estadísticamente correcto en 4 de las 6 series examinadas para los dos tipos de Backtesting, frente a sólo 1 escenario acertado para el caso de los retornos Log – Normal.

En lo que respecta al test de independencia (Christoffersen), las series tienden a estar ajustadas por el nivel de significancia usado (1%), además de ello las series no presentan momentos de excesos concentrados en periodos seguidos, por lo que al desarrollar el test, los valores obtenidos se encuentran en la zona de no rechazo.

5. CONCLUSIONES

El cálculo de un retorno bajo la metodología Log – Normal, es comúnmente empleada en los modelos financieros, sin embargo este procedimiento al usar precios Close to Close no toma en cuenta los otros precios representativos de una jornada de negociación es decir Open, High Low y Close, datos que la metodología Yang – Zhang ajustada si tiene en cuenta.

Sin duda alguna el ajuste realizado a la metodología Yang – Zhang, permitió cambiar un procedimiento para el cálculo de la varianza a uno que represente un retorno, esta nueva serie de tiempo desarrollada cuenta con propiedades estadísticas superiores a los retornos Log – Normales.

Por cuanto esta nueva serie presenta diferencias en los cuatro momentos de la distribución: (i) Yang – Zhang es menos asimétrica que aquellos retornos Log – Normales, tendiendo a valores más conservadores, y en el caso de las series normales, valores cercanos a cero. (ii) Se presenta un nivel de curtosis menor, sin embargo se mantiene la presencia de colas pesadas y por consiguiente valores extremos. (iii) La velocidad de la volatilidad es menor, con lo cual requiere de mayor tiempo para recoger los choques del mercado. (iv) a pesar de variar la periodicidad en el cálculo de los retornos, el comportamiento de la media es constante y cercano a valores neutros de cero.

¹¹ Este test presenta problemas cuando no existen excesos en periodos seguidos ya que su valor es un error matemático, se podría asumir que en estos casos la serie se ajusta al nivel de confianza esperado, sin embargo esto el autor no explica en su escrito.

La metodología Yang – Zhang presenta un mejor comportamiento en series con un menor nivel de volatilidad, evidenciando un mayor retorno histórico versus los retornos Log – Normales. Implicando que al realizar las pruebas de normalidad bajo los dos procedimientos fue posible encontrar que para un mayor número de escenarios, variando el tipo de activo y la ventana de tiempo, una mayor congruencia manteniéndose en un mayor número de veces en la zona de normalidad.

Lo cual conduce a que la aplicación de la metodología delta-normal en el cálculo del Valor en Riesgo, se ve beneficiada por el uso de retornos bajo la metodología Yang – Zhang, ya que dentro del proceso de Backtesting su comportamiento es más conservador respecto del número de excesos presentado por los retornos Log – Normales.

En conclusión los retornos bajo la metodología ajustada de Yang – Zhang, gozan de un mejor comportamiento respecto a la clásica, con propiedades más estables y una mayor confiabilidad en el cálculo del Valor en Riesgo, por ello es un procedimiento con todo el fundamento estadístico para convertirse si bien no en una costumbre en los modelos financieros regulatorios (debido al arraigo hacia los retornos Log – Normales) si en un referente dentro de los modelos internos usados por las entidades financieras para establecer los niveles de riesgo a los que se exponen.

6. RECOMENDACIONES

Evaluando el impacto directamente sobre el mercado colombiano, es importante también pensar en el cálculo de la volatilidad incluyendo los precios Open, High, Low y Close, por ello se podría pensar en aplicar la metodología Yang – Zhang en su forma original como una metodología de varianza, como medida de sensibilidad, es importante lograr efectuar el stresstesting a los retornos y en general a la metodología Yang – Zhang, permitiendo ver su comportamiento en escenarios no convencionales.

REFERENCIAS

- Alonso, J. C., & Arcos, M. A. (2006). Cuatro hechos estilizados de las series de rendimientos: una ilustración para Colombia. *Estudios Gerenciales*, 103-123.
- ANIF. (2014). ¿Cómo va la implementación de Basilea 3 en Colombia? *Carta Financiera*, 54-61.
- Basel Comitee. (2010). Basel III: The Liquidity coverage ratio and liquidity risk monitoring tools. Basel, Switzerland.
- Basel Comitee. (s.f.). International convergence of capital measurement and capital standars. 2006. Basel, Switzerland.
- Bencardino, C. M. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá: ECOE ediciones.

- Brandt, M. W., & Kinlay, J. (2005). *Estimating Historical Volatility*.
- Chernozhukov, V., & Umantsev, L. (2000). *Conditional Value at Risk: aspects of modeling and estimation*. Cambridge: Working paper series Massachusetts Institute of Technology.
- Christoffersen, P. (1998). Evaluating interval forecast. *International of economic review*, 841-862.
- Colombia, S. F. (2012). Capítulo XXI Reglas relativas al sistema de administración de riesgo de mercado. En *Circular Basica y Contable*.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2006). *The Essentials of risk management*. New York: McGraw-Hill.
- Dowd, K. (2002). *Measuring Market Risk*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Dowd, K., & Blake, D. (2006). After VaR, the theory, estimation, and insurance applications of quantile-based risk measures. *The journal of risk and insurance*, 193-229.
- Haro, A. d. (2008). *Medición y control de riesgos financieros*. México D.F: Limusa.
- Jorion, P. (2003). *Financial Risk Manager Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Modisett, M. C., & Maboudou-Tchao, E. M. (2012). Significantly lower estimates of volatility arise from the use of open-high-low-close price data. *North American Actuarial Journal*, 68-85.
- Morgan, J., & Reuters. (1996). *Riskmetrics Technical Document*. New York: Morgan Guaranty Trust Company of New York.
- Sarykalin, S., Serraino, G., & Uryasev, S. (2008). Value at Risk vs. Conditional Value at Risk in risk management and optimization. *Tutorials in operations research*, 270-294.
- Shu, J., & Zhang, J. E. (2003). The Relationship Between Implied and Realized Volatility of S&P 500 Index. *Wilmott*, 83-91.
- Ślepaczuk, R., & Zakrzewski, G. (2009). High-Frequency and Model-Free Volatility Estimators.
- Venegas Martínez, F. (2008). *Riesgos financieros y económicos*. México D.F: Cengage Learning Editores.
- Yang, D., & Zhang, Q. (2000). Drift independent volatility estimation based on High, Low, Open, and Close prices. *Chicago Journals*, 477-492.

ANEXO 1

A Continuación se presentan las pruebas realizadas a las series Yang – Zhang (2000) (YZ) ajustadas y Log – Normal (LN), para diferentes ventanas de tiempo:

50 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.000824	-0.001744	8.38E-05	0.000845	-0.000754	-0.009340
Median	-0.006893	0.003485	-0.008727	0.003949	-6.71E-05	-0.020847
Maximum	0.057401	0.021586	0.049552	0.024918	0.029556	0.167778
Minimum	-0.061901	-0.064582	-0.034457	-0.026230	-0.041366	-0.232548
Std. Dev.	0.031559	0.017161	0.021871	0.012772	0.019506	0.068259
Skewness	-0.022261	-1.316119	0.436491	-0.229187	-0.145023	-0.832587
Kurtosis	1.806634	5.626072	2.140061	2.263148	1.710872	5.731286
Jarque-Bera	2.971053	28.80193	3.128319	1.568872	3.637457	21.31819
Probability	0.226383	0.000001	0.209264	0.456377	0.162232	0.000023
Sum	-0.041220	-0.087207	0.004192	0.042240	-0.037678	-0.466991
Sum Sq. Dev.	0.048802	0.014431	0.023438	0.007993	0.018643	0.228305
Observations	50	50	50	50	50	50

50 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	0.000330	-0.001020	-0.002961	-0.000800	-0.001672	-0.007179
Median	-0.000841	0.000000	-0.001531	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.087746	0.034042	0.057938	0.034150	0.049421	0.119347
Minimum	-0.068005	-0.040822	-0.061409	-0.049965	-0.049511	-0.589963
Std. Dev.	0.030655	0.016296	0.022216	0.016752	0.018233	0.098672
Skewness	0.548755	-0.163840	0.191747	-0.445020	-0.161628	-4.154573
Kurtosis	3.859453	3.258619	3.730708	4.133790	3.809265	25.57288
Jarque-Bera	4.048308	0.363039	1.418755	4.328440	1.582094	1205.368
Probability	0.132106	0.834002	0.491950	0.114839	0.453370	0.000000
Sum	0.016499	-0.051007	-0.148053	-0.039983	-0.083613	-0.358965
Sum Sq. Dev.	0.046047	0.013013	0.024184	0.013751	0.016289	0.477073
Observations	50	50	50	50	50	50

100 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.003642	-0.001066	7.46E-05	0.001345	-0.000984	-0.001657
Median	-0.008677	0.003485	-0.006254	0.003705	-0.008964	0.005909
Maximum	0.057401	0.025269	0.049552	0.026764	0.029556	0.167778
Minimum	-0.061901	-0.064582	-0.034457	-0.032388	-0.041366	-0.232548
Std. Dev.	0.027942	0.015460	0.019275	0.012308	0.018140	0.053784
Skewness	0.208922	-1.023582	0.416444	-0.395039	-0.083966	-1.038050
Kurtosis	1.974074	4.993715	2.348697	2.999519	1.832972	8.159287
Jarque-Bera	5.112995	34.02409	4.657913	2.600929	5.792311	128.8685
Probability	0.077576	0.000000	0.097397	0.272405	0.055235	0.000000
Sum	-0.364162	-0.106581	0.007462	0.134474	-0.098359	-0.165673
Sum Sq. Dev.	0.077295	0.023661	0.036781	0.014997	0.032578	0.286376
Observations	100	100	100	100	100	100

100 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.002927	-0.000839	-0.003864	-0.000268	-0.000936	0.000850
Median	-0.003441	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.087746	0.034955	0.057938	0.053528	0.049421	0.225229
Minimum	-0.094029	-0.046520	-0.096708	-0.051912	-0.049511	-0.589963
Std. Dev.	0.029474	0.015530	0.022203	0.016845	0.015216	0.078341
Skewness	0.374615	-0.150302	-0.721358	-0.525980	-0.189951	-3.973208
Kurtosis	4.181789	3.584605	5.785859	5.014075	4.664181	34.20656
Jarque-Bera	8.158209	1.800527	41.01015	21.51300	12.14094	4320.812
Probability	0.016923	0.406463	0.000000	0.000021	0.002310	0.000000
Sum	-0.292670	-0.083872	-0.386371	-0.026832	-0.093565	0.085045
Sum Sq. Dev.	0.086000	0.023877	0.048806	0.028091	0.022922	0.607597
Observations	100	100	100	100	100	100

150 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.002216	-0.001066	0.000973	0.000992	-0.000367	-0.002326
Median	-0.008623	-0.000785	-0.001543	0.003880	0.006781	-0.006560
Maximum	0.057401	0.033679	0.049552	0.026764	0.030488	0.167778
Minimum	-0.061901	-0.064582	-0.044413	-0.032388	-0.041366	-0.232548
Std. Dev.	0.029240	0.015147	0.019280	0.011713	0.017822	0.053251
Skewness	0.126865	-0.560572	0.165312	-0.398325	-0.145967	-0.528152
Kurtosis	1.806434	4.371396	2.211976	2.868581	1.722567	6.653205
Jarque-Bera	9.306118	19.61056	4.564335	4.074518	10.73164	90.38556
Probability	0.009532	0.000055	0.102063	0.130386	0.004674	0.000000
Sum	-0.332456	-0.159843	0.145999	0.148755	-0.055095	-0.348845
Sum Sq. Dev.	0.127391	0.034187	0.055389	0.020440	0.047324	0.422516
Observations	150	150	150	150	150	150

150 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.000799	-0.000262	-0.002920	-1.89E-05	-0.000494	-0.000225
Median	-0.001883	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.108839	0.048149	0.057938	0.053528	0.049421	0.225229
Minimum	-0.096228	-0.071843	-0.096708	-0.051912	-0.049511	-0.589963
Std. Dev.	0.032769	0.017356	0.021208	0.015765	0.014476	0.071086
Skewness	0.408774	-0.295194	-0.656360	-0.525685	-0.208066	-3.413733
Kurtosis	4.043632	5.012754	5.611437	4.953857	4.328630	33.64507
Jarque-Bera	10.98471	27.49835	53.39274	30.76836	12.11514	6160.840
Probability	0.004118	0.000001	0.000000	0.000000	0.002340	0.000000
Sum	-0.119801	-0.039284	-0.438026	-0.002829	-0.074027	-0.033817
Sum Sq. Dev.	0.159995	0.044882	0.067017	0.037034	0.031222	0.752922
Observations	150	150	150	150	150	150

250 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.004806	-0.000463	0.000971	0.000645	-0.001791	-0.005964
Median	-0.009507	0.002482	0.000498	0.003422	-0.009730	-0.014702
Maximum	0.173193	0.033679	0.067705	0.033879	0.056007	0.170045
Minimum	-0.125702	-0.064582	-0.072629	-0.032388	-0.050455	-0.271366
Std. Dev.	0.042685	0.013779	0.021350	0.011907	0.020209	0.057412
Skewness	0.195494	-0.545784	0.034366	-0.106408	0.060336	-0.350700
Kurtosis	3.936880	4.312897	2.793064	2.926189	1.938671	6.075933
Jarque-Bera	10.73558	30.36686	0.495274	0.528528	11.88522	103.6805
Probability	0.004664	0.000000	0.780643	0.767771	0.002625	0.000000
Sum	-1.201559	-0.115688	0.242861	0.161176	-0.447672	-1.491008
Sum Sq. Dev.	0.453679	0.047275	0.113504	0.035301	0.101693	0.820733
Observations	250	250	250	250	250	250

250 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.002502	-0.000486	-0.003284	-0.000618	-0.002054	-0.005961
Median	-0.001617	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000544
Maximum	0.355669	0.048149	0.102713	0.053528	0.067431	0.235906
Minimum	-0.213768	-0.071843	-0.101096	-0.051912	-0.066793	-0.589963
Std. Dev.	0.051519	0.016325	0.024243	0.016189	0.018123	0.072930
Skewness	0.937953	-0.227605	-0.373326	-0.228389	-0.206016	-1.820896
Kurtosis	12.79639	4.739930	5.947245	4.938041	4.894975	19.73702
Jarque-Bera	1036.336	33.69346	96.28898	41.29845	39.17398	3056.150
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	-0.625452	-0.121501	-0.821122	-0.154555	-0.513545	-1.490253
Sum Sq. Dev.	0.660886	0.066361	0.146341	0.065256	0.081783	1.324363
Observations	250	250	250	250	250	250

350 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.004695	-0.000318	0.000754	0.001121	-0.001152	-0.004087
Median	-0.009229	0.002624	0.003818	0.003422	-0.007577	-0.008840
Maximum	0.173193	0.033679	0.067705	0.033879	0.056007	0.170045
Minimum	-0.125702	-0.064582	-0.072629	-0.032388	-0.050455	-0.271366
Std. Dev.	0.038158	0.012614	0.018994	0.011389	0.018653	0.049970
Skewness	0.192774	-0.570493	0.038410	-0.136742	-0.023579	-0.480787
Kurtosis	4.557591	4.576127	3.252834	3.081140	2.036897	7.641215
Jarque-Bera	37.54825	55.21285	1.018299	1.186745	13.55947	327.6219
Probability	0.000000	0.000000	0.601007	0.552461	0.001137	0.000000
Sum	-1.643191	-0.111371	0.264046	0.392280	-0.403373	-1.430362
Sum Sq. Dev.	0.508158	0.055535	0.125908	0.045268	0.121429	0.871458
Observations	350	350	350	350	350	350

350 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.002587	-0.000246	-0.002618	-0.000248	-0.001454	-0.003979
Median	-0.001698	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.355669	0.048149	0.102713	0.053528	0.067431	0.235906
Minimum	-0.213768	-0.071843	-0.101096	-0.051912	-0.066793	-0.589963
Std. Dev.	0.045231	0.014792	0.021632	0.014948	0.016320	0.062815
Skewness	0.988145	-0.273630	-0.442095	-0.252453	-0.248307	-2.116122
Kurtosis	15.43991	5.275040	6.867984	5.575792	5.523222	25.83689
Jarque-Bera	2313.748	79.84811	229.5867	100.4738	96.44361	7866.766
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	-0.905322	-0.086125	-0.916291	-0.086775	-0.508739	-1.392644
Sum Sq. Dev.	0.713992	0.076367	0.163313	0.077982	0.092953	1.377074
Observations	350	350	350	350	350	350

500 días YZ

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.003685	-0.000147	0.000166	0.000887	-0.001234	-0.003714
Median	-0.008623	0.002018	0.001405	0.003385	-0.007843	-0.007765
Maximum	0.173193	0.042014	0.067705	0.033879	0.056007	0.170045
Minimum	-0.125702	-0.064582	-0.072629	-0.032544	-0.050455	-0.271366
Std. Dev.	0.033804	0.012382	0.017404	0.011269	0.017465	0.043228
Skewness	0.149976	-0.356725	0.056829	-0.224232	0.009631	-0.540961
Kurtosis	5.242597	4.376675	3.463790	3.137913	2.063933	9.595414
Jarque-Bera	106.6503	50.08843	4.750403	4.586256	18.26233	930.6258
Probability	0.000000	0.000000	0.092996	0.100950	0.000108	0.000000
Sum	-1.842388	-0.073333	0.082805	0.443458	-0.616759	-1.856766
Sum Sq. Dev.	0.570201	0.076498	0.151147	0.063364	0.152210	0.932443
Observations	500	500	500	500	500	500

500 días LN

	CNEC	PFBANCOLOMBIA	ECOPETROL	GRUPOSURA	PORTAFOLIO	PREC
Mean	-0.000992	-0.000174	-0.002269	-0.000142	-0.001122	-0.003312
Median	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Maximum	0.355669	0.053036	0.102713	0.053528	0.067431	0.235906
Minimum	-0.213768	-0.071843	-0.101096	-0.051912	-0.066793	-0.589963
Std. Dev.	0.040124	0.014866	0.020261	0.014326	0.014948	0.054051
Skewness	0.951997	-0.055507	-0.544145	-0.272683	-0.288029	-2.363812
Kurtosis	17.42993	4.860314	6.983715	5.494356	5.836541	33.14436
Jarque-Bera	4413.503	72.35609	355.2992	135.8174	174.5376	19396.51
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	-0.495804	-0.086875	-1.134600	-0.071068	-0.560879	-1.655981
Sum Sq. Dev.	0.803364	0.110275	0.204848	0.102405	0.111504	1.457830
Observations	500	500	500	500	500	500

ANEXO 2

De acuerdo con los lineamientos establecidos en BASILEA II a continuación se muestran las zonas para el proceso de Backtesting.

Zone	Number of exceptions	Increase in scaling factor	Cumulative probability
Green Zone	0	0,00	8,11%
	1	0,00	28,58%
	2	0,00	54,32%
	3	0,00	75,81%
	4	0,00	89,22%
Yellow Zone	5	0,40	95,88%
	6	0,50	98,63%
	7	0,65	99,60%
	8	0,75	99,89%
	9	0,85	99,97%
Red Zone	10 or more	1,00	99,99%

ANEXO 3

Se presentan las pruebas de Dickey y Fuller aumentada.

Ecopetrol YZ

Null Hypothesis: ECOPETROL has a unit root

Exogenous: None

Lag Length: 0 (Automatic – based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-22.59413	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.569604	
5% level	-1.941459	
10% level	-1.616273	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(ECOPETROL)

Method: Least Squares

Date: 10/24/15 Time: 22:07

Sample (adjusted): 10/16/2013 9/14/2015

Included observations: 499 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECOPETROL(-1)	-1.013690	0.044865	-22.59413	0.0000
R-squared	0.506192	Mean dependent var		-5.73E-05
Adjusted R-squared	0.506192	S.D. dependent var		0.024786
S.E. of regression	0.017417	Akaike info criterion		-5.260681
Sum squared resid	0.151078	Schwarz criterion		-5.252239
Log likelihood	1313.540	Hannan-Quinn criter.		-5.257368
Durbin-Watson stat	1.998266			

Gruposura YZ

Null Hypothesis: GRUPOSURA has a unit root

Exogenous: None

Lag Length: 0 (Automatic – based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-20.27749	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.569604	
5% level	-1.941459	
10% level	-1.616273	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(GRUPOSURA)

Method: Least Squares
Date: 10/24/15 Time: 22:09
Sample (adjusted): 10/16/2013 9/14/2015
Included observations: 499 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GRUPOSURA(-1)	-0.904394	0.044601	-20.27749	0.0000
R-squared	0.452251	Mean dependent var		-2.67E-06
Adjusted R-squared	0.452251	S.D. dependent var		0.015214
S.E. of regression	0.011260	Akaike info criterion		-6.133118
Sum squared resid	0.063140	Schwarz criterion		-6.124676
Log likelihood	1531.213	Hannan-Quinn criter.		-6.129805
Durbin-Watson stat	2.001740			

Ecopetrol LN

Null Hypothesis: ECOPETROL has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic – based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-20.96898	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.569604	
5% level	-1.941459	
10% level	-1.616273	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ECOPETROL)
Method: Least Squares
Date: 10/24/15 Time: 22:26
Sample (adjusted): 10/16/2013 9/14/2015
Included observations: 499 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ECOPETROL(-1)	-0.937161	0.044693	-20.96898	0.0000
R-squared	0.468912	Mean dependent var		-2.69E-05
Adjusted R-squared	0.468912	S.D. dependent var		0.027930
S.E. of regression	0.020354	Akaike info criterion		-4.949068
Sum squared resid	0.206316	Schwarz criterion		-4.940626
Log likelihood	1235.792	Hannan-Quinn criter.		-4.945755
Durbin-Watson stat	2.001327			

Gruposura LN

Null Hypothesis: GRUPOSURA has a unit root

Exogenous: None

Lag Length: 0 (Automatic – based on SIC, maxlag=17)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-19.85095	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.569604	
5% level	-1.941459	
10% level	-1.616273	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(GRUPOSURA)

Method: Least Squares

Date: 10/24/15 Time: 22:31

Sample (adjusted): 10/16/2013 9/14/2015

Included observations: 499 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GRUPOSURA(-1)	-0.885445	0.044605	-19.85095	0.0000
R-squared	0.441739	Mean dependent var		4.01E-05
Adjusted R-squared	0.441739	S.D. dependent var		0.019067
S.E. of regression	0.014247	Akaike info criterion		-5.662599
Sum squared resid	0.101076	Schwarz criterion		-5.654157
Log likelihood	1413.818	Hannan-Quinn criter.		-5.659286
Durbin-Watson stat	1.987273			

ANEXO 4

A continuación se presentan las pruebas de efecto ARCH en las series normales.

Ecopetrol YZ

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	67.70164	Prob. F(2,495)	0.0000
Obs*R-squared	106.9646	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 10/25/15 Time: 20:49

Sample (adjusted): 10/17/2013 9/14/2015

Included observations: 498 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

C	0.000133	2.33E-05	5.724727	0.0000
RESID^2(-1)	0.273614	0.043112	6.346532	0.0000
RESID^2(-2)	0.283578	0.043103	6.579088	0.0000
<hr/>				
R-squared	0.214788	Mean dependent var		0.000300
Adjusted R-squared	0.211616	S.D. dependent var		0.000462
S.E. of regression	0.000410	Akaike info criterion		-12.75411
Sum squared resid	8.33E-05	Schwarz criterion		-12.72874
Log likelihood	3178.773	Hannan-Quinn criter.		-12.74415
F-statistic	67.70164	Durbin-Watson stat		1.975321
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ecopetrol LN

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	14.58962	Prob. F(1,471)	0.0002
Obs*R-squared	14.21136	Prob. Chi-Square(1)	0.0002

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 10/25/15 Time: 21:03

Sample (adjusted): 11/21/2013 9/14/2015

Included observations: 473 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000311	4.23E-05	7.355886	0.0000
RESID^2(-1)	0.173328	0.045378	3.819636	0.0002
<hr/>				
R-squared	0.030045	Mean dependent var		0.000377
Adjusted R-squared	0.027986	S.D. dependent var		0.000854
S.E. of regression	0.000842	Akaike info criterion		-11.31700
Sum squared resid	0.000334	Schwarz criterion		-11.29942
Log likelihood	2678.472	Hannan-Quinn criter.		-11.31009
F-statistic	14.58962	Durbin-Watson stat		1.981194
Prob(F-statistic)	0.000152			

Gruposura YZ

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	16.72434	Prob. F(1,469)	0.0001
Obs*R-squared	16.21736	Prob. Chi-Square(1)	0.0001

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 10/25/15 Time: 20:53

Sample (adjusted): 11/25/2013 9/14/2015

Included observations: 471 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

C	9.62E-05	9.62E-06	10.00582	0.0000
RESID^2(-1)	0.185642	0.045394	4.089540	0.0001
R-squared	0.034432	Mean dependent var		0.000118
Adjusted R-squared	0.032373	S.D. dependent var		0.000176
S.E. of regression	0.000173	Akaike info criterion		-14.48170
Sum squared resid	1.40E-05	Schwarz criterion		-14.46405
Log likelihood	3412.439	Hannan-Quinn criter.		-14.47476
F-statistic	16.72434	Durbin-Watson stat		2.013723
Prob(F-statistic)	0.000051			

Gruposura LN

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	13.69753	Prob. F(3,492)	0.0000
Obs*R-squared	38.23338	Prob. Chi-Square(3)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 10/25/15 Time: 21:08

Sample (adjusted): 10/21/2013 9/14/2015

Included observations: 496 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000121	2.22E-05	5.433622	0.0000
RESID^2(-1)	0.096582	0.044618	2.164649	0.0309
RESID^2(-2)	0.169550	0.044193	3.836541	0.0001
RESID^2(-3)	0.144753	0.044771	3.233207	0.0013
R-squared	0.077083	Mean dependent var		0.000203
Adjusted R-squared	0.071456	S.D. dependent var		0.000414
S.E. of regression	0.000399	Akaike info criterion		-12.80531
Sum squared resid	7.85E-05	Schwarz criterion		-12.77138
Log likelihood	3179.716	Hannan-Quinn criter.		-12.79199
F-statistic	13.69753	Durbin-Watson stat		2.004949
Prob(F-statistic)	0.000000			

ANEXO 5

Manual del usuario de la aplicación en Visual Basic

El presente manual fue realizado para que el usuario realice la consulta del funcionamiento del modelo, en el cual puede visualizar la composición del portafolio, los momentos de las series como del portafolio, el VaR Diversificado y el proceso de Backtesting.

A. Objetivo

Dar a conocer el funcionamiento de la administración del VaR de los activos que componen el portafolio trabajado, a través de los formularios del modelo

B. Requerimientos Técnicos

Los requerimientos técnicos mínimos del modelo son los siguientes:

- ✓ Windows 7
- ✓ Microsoft Excel 2013.
- ✓ Sistema Operativo de 64 Bits.

Inicio y Acceso al Modelo



El inicio del Administrador de Valor en Riesgo, el usuario visualiza el formulario de bienvenida donde tiene las opciones de ver el manual, ingresar y salir al modelo. Una vez el usuario ingrese, debe realizar el patrón de ingreso correcto para el Administrador de Riesgo.

Bienvenida



Patrón de Ingreso



El usuario al realizar un clic sobre el botón puede visualizar el manual del Administrador de Valor en Riesgo.



El botón ingresar automáticamente da paso al formulario donde el usuario debe realizar el patrón de ingreso.



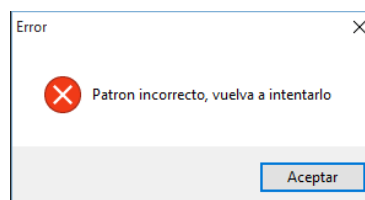
Verifica si el patrón de ingreso dibujado por el usuario es correcto.



Ejecuta la salida del modelo.

Anotaciones

- ✓ Si el usuario realiza un patrón de ingreso incorrecto, y luego oprime el botón validar, visualizara el siguiente mensaje de error:



Descripción de Ingreso de datos y Formulario de Inicio



El usuario en la hoja “SERIES”, debe ingresar en la columna A las fechas de series a trabajar, posterior a eso de manera ordenada debe ingresar en las siguientes columnas el siguiente orden de los precios de cada activo: Open, High, Low y Close.

Series de Activos

	Date	OPEN	HIGH	LOW	CLOSE	OPEN	HIGH	LOW	CLOSE	OPEN	HIGH	LOW	CLOSE
1	14/09/2013	4.475	4.475	4.430	4.450	37.000	37.680	37.000	37.520	26.500	26.600	26.460	26.600
2	16/09/2013	4.460	4.470	4.425	4.435	37.500	37.900	37.340	37.560	26.800	26.900	26.700	26.780
3	17/09/2013	4.420	4.445	4.390	4.445	37.500	37.800	37.420	37.600	26.620	27.100	26.600	27.100
4	18/09/2013	4.400	4.490	4.400	4.490	37.560	38.140	37.420	38.080	26.940	27.000	26.640	27.000
5	19/09/2013	4.495	4.515	4.425	4.425	38.300	39.500	38.300	39.380	27.060	27.100	26.700	26.920
6	20/09/2013	4.425	4.465	4.420	4.440	39.480	39.660	39.200	39.540	26.720	27.060	26.700	26.700
7	23/09/2013	4.435	4.465	4.430	4.465	39.540	40.000	39.320	39.440	26.720	26.980	26.720	26.920
8	24/09/2013	4.450	4.460	4.440	4.460	39.440	39.660	39.440	39.620	26.980	27.000	26.900	27.000
9	25/09/2013	4.450	4.460	4.445	4.445	39.660	39.900	39.660	39.680	26.660	27.000	26.660	26.960
10	26/09/2013	4.440	4.445	4.420	4.435	39.660	40.060	39.660	39.820	27.180	27.300	26.760	26.760
11													



Para el ingreso de los datos, el usuario debe ubicarse en la celda A2 de la hoja “DATOS”, donde tiene que ingresar el nombre del activo que van a trabajar, y en la celda B2 ingresar la cantidad de acciones del activo a trabajar. Posterior debe dar un clic en el botón.

Datos de Activos

Activo	No. Acciones	
Ecopetrol	10.000	CONTINUAR
Prec	20.000	

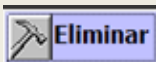


El Funcionamiento del Formulario Inicio consiste principalmente mostrar el portafolio actual del usuario, además podrá cargar o eliminar las series de los activos, y a su vez tiene dos opciones para su portafolio: Administrar VaR o Pruebas a las series.



CONTINUAR

Al oprimir el boton, el usuario puede visualizar automaticamente el formulario de inicio.



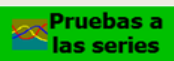
El botón de eliminar al oprimirlo y dar un clic eliminara los activos del portafolio para que el usuario pueda crear uno nuevo.



El botón Cargar permite que el usuario, puede utilizar la información de las series de los activos con la que va a trabajar.



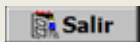
Al realizar un clic en el botón Administrar VaR, muestra automáticamente el formulario de la administración de valor en riesgo del portafolio que el usuario presente a su disposición.



El usuario con un clic sobre este botón, automáticamente puede saber los momentos de la distribución de los activos y portafolio en el formulario de las pruebas a las series.

Portafolio Actual

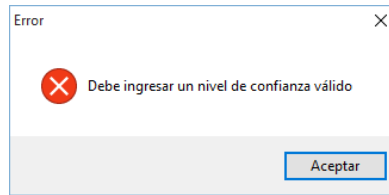
En la presente sección el usuario a través de una tabla puede observar los activos con el número total de acciones que componen el portafolio con el cual se está trabajando.



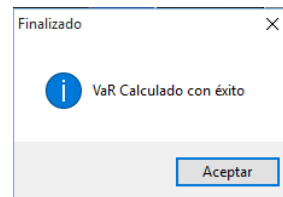
Ejecuta la salida del modelo.

Anotaciones

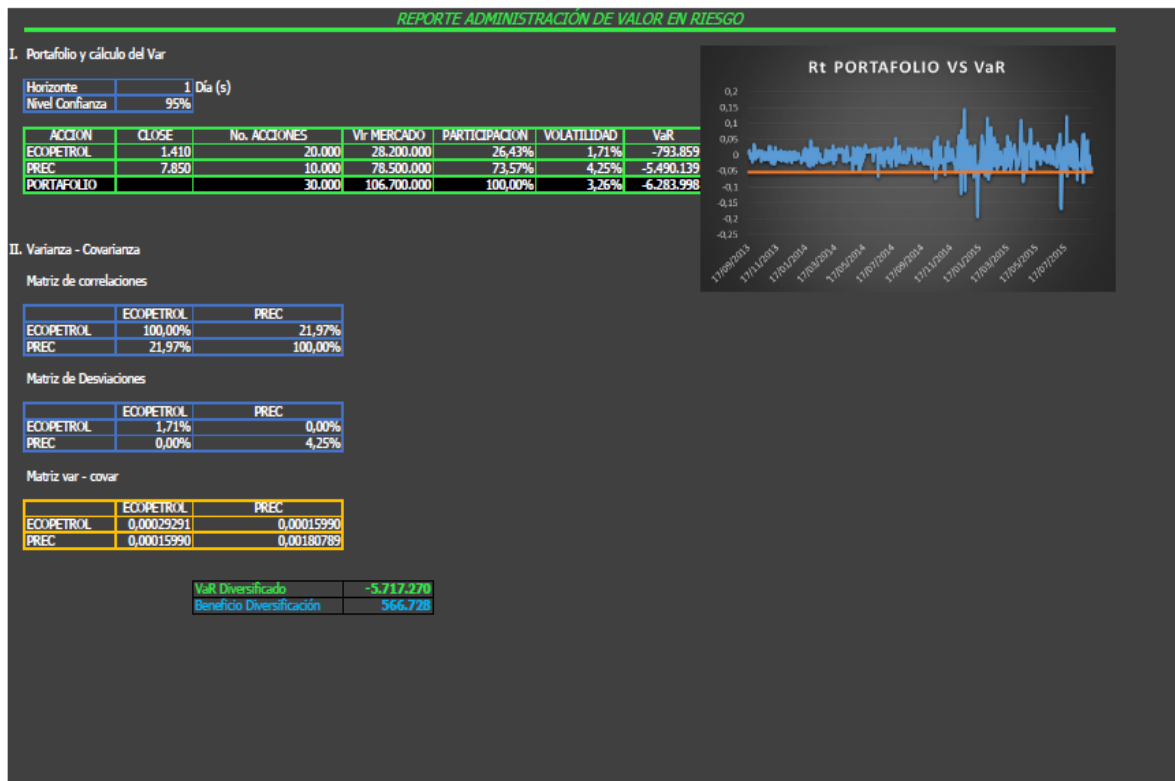
- ✓ Si el usuario no ingresa algunas de las dos variables de entrada que establece el modelo (Nivel de Confianza o Tiempo), al momento de oprimir el botón calcular no realizará el VaR y muestra el siguiente error:



- ✓ Una vez el usuario haya diligenciado correctamente las variables de entrada, automáticamente se puede visualizar el siguiente mensaje y posteriormente el VaR Diversificado.



- ✓ Al generar el reporte PDF, el cual queda guardado en la misma ubicación donde se está trabajando el modelo, será de la siguiente manera:



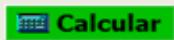
Formulario Backtesting



El formulario de Backtesting tienen como función principal realizar el cálculo del Test de Kupiec para cada activo y el portafolio, utilizando el nivel de confianza del Valor de Riesgo.

Nivel de Confianza

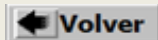
En la presente zona marcada en el formulario se encuentra el campo de entrada de Nivel de Confianza, donde el usuario debe introducir el dato (número entero) con el cual piensa trabajar el Valor en riesgo del Portafolio.



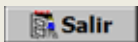
Realiza el cálculo del procedimiento del Backtesting a las series y Portafolio,



Al darle clic, abre un documento PDF con la información de la administración de valor de Riesgo complementando con el Backtesting.



Tiene como función visualizar el formulario de Administrar VaR.

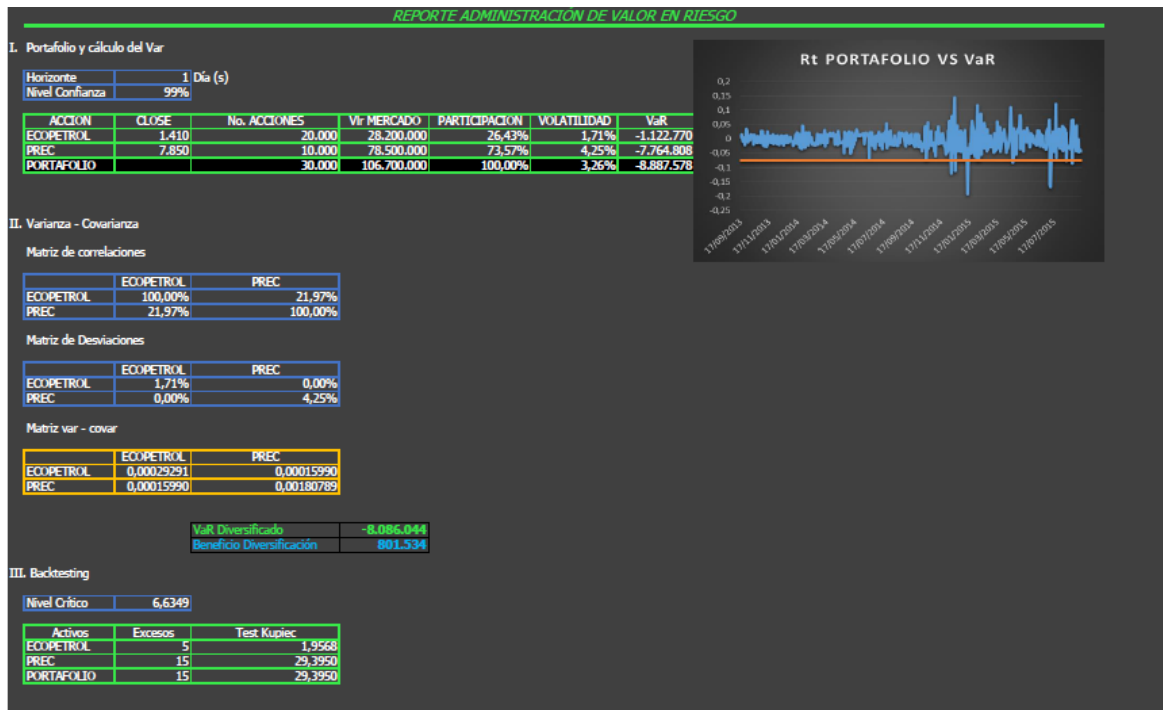


Ejecuta la salida del modelo.

Anotaciones

- ✓ Una vez realizado el Backtesting el usuario podrá Visualizar en el formulario los resultados del test de Kupiec y el nivel crítico.

- ✓ El reporte PDF generado, contiene tres secciones, las primeras dos hacen referencia a la información generada de la Administración de Valor en Riesgo del Portafolio, y la tercera sección es la correspondiente a la información del Backtesting de los activos y del Portafolio:



Formulario Posiciones



El usuario mientras se encuentre en el formulario posiciones, puede efectuar cambios respecto a la cantidad de acciones de cada activo que compongan el portafolio.

Información de Botones y Controles

POSICIÓN

ACCIÓN	CLOSE	No. ACCIONES	Vir MERCADO
ECOPETROL	1.410	20.000	28.200.000
PREC	7.850	10.000	78.500.000

Volver
Cambiar
Salir



Posición



Permite realizar el cambio de la cantidad de acciones de cada activo que componen el portafolio.

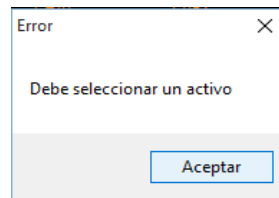
Tiene como función visualizar el formulario de Administrar VaR.

Dentro de esta sección el usuario puede visualizar la información de cada activo, número de acciones, el precio close y el valor de mercado correspondiente

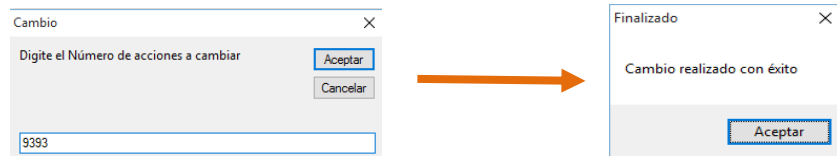
Ejecuta la salida del modelo.

Anotaciones

- ✓ El usuario si oprime el botón Cambiar sin haber seleccionado ningún activo del portafolio, automáticamente visualiza el siguiente mensaje de error:



- ✓ Una vez el usuario haya seleccionado el activo que desea cambiar su posición dentro del portafolio aparece un mensaje de entrada, en el cual podrá digitar el nuevo número de acciones del activo, luego visualiza el mensaje donde indica el cambio efectuado.



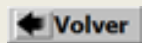
Formulario Pruebas a las Series



El formulario Pruebas a las Series el usuario puede visualizar los momentos de la distribución de las series de cada activo y del Portafolio.

ACCION	Prom Rt. YZ	Prom Rt. Ln	Desv Rt. YZ	Desv Rt. Ln	Asimetría Rt. YZ	Asimetría Rt. Ln	Curt
ECOPETROL	0,02%	0,22%	1,71%	1,99%	0,04515	0,5636	0,5
PREC	-0,34%	0,30%	4,25%	5,31%	-0,56896	2,4121	6,98
PORTAFOLIO	-0,41%	0,28%	3,44%	4,06%	-0,33884	1,9899	4,18

Momentos de la Distribución



Dentro de la tabla de los momentos de la distribución, el usuario puede visualizar el promedio, la volatilidad, el coeficiente de asimetría y la curtosis, tanto de cada activo como del portafolio.

Tiene como función visualizar el formulario Inicio.

Ejecuta la salida del modelo.

ANEXO 6

A continuación se presentan los resultados del cálculo del VaR a un nivel de confianza del 99% y un horizonte de tiempo a 1 día.

VaR para la metodología Yang – Zhang ajustada.

ACCIÓN / TIEMPO	50	100	150	250	350	500
ECOPETROL	-5,09%	-4,48%	-4,49%	-4,97%	-4,42%	-4,05%
PREC	-15,88%	-12,51%	-12,39%	-13,36%	-11,62%	-10,06%
BANCOLOMBIA	-3,99%	-3,60%	-3,52%	-3,21%	-2,93%	-2,88%
CNEC	-7,34%	-6,50%	-6,80%	-9,93%	-8,88%	-7,86%
GRUPOSURA	-2,97%	-2,86%	-2,72%	-2,77%	-2,65%	-2,62%
PORTAFOLIO	-4,54%	-4,22%	-4,15%	-4,70%	-4,34%	-4,06%

VaR para la metodología Log – Normal.

ACCIÓN / TIEMPO	50	100	150	250	350	500
ECOPETROL	-5,17%	-5,17%	-4,93%	-5,64%	-5,03%	-4,71%
PREC	-22,95%	-18,22%	-16,54%	-16,97%	-14,61%	-12,57%
BANCOLOMBIA	-3,79%	-3,61%	-4,04%	-3,80%	-3,44%	-3,46%
CNEC	-7,13%	-6,86%	-7,62%	-11,99%	-10,52%	-9,33%
GRUPOSURA	-3,90%	-3,92%	-3,67%	-3,77%	-3,48%	-3,33%
PORTAFOLIO	-4,24%	-3,54%	-3,37%	-4,22%	-3,80%	-3,48%